

LE FAUCON PELERIN EN FRANCE

Etude de la dynamique
d'une population des monts Jura
en relation avec la contamination par
les pesticides organo-chlorés

THESE

PRESENTÉE

A L'UNIVERSITE **CLAUDE BERNARD** DE LYON

(MEDECINE — PHARMACIE)

ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT LE 18 DECEMBRE 1980

POUR OBTENIR LE GRADE DE **DOCTEUR VETERINAIRE**

PAR

PATRICK PAUBEL

NE LE 2 Décembre 1953 A BOURG EN BRESSE



ANNEE 1980

N°

LE FAUCON PELERIN EN FRANCE

Etude de la dynamique
d'une population des monts Jura
en relation avec la contamination par
les pesticides organo-chlorés

THESE

PRESENTEE

A L'UNIVERSITE CLAUDE BERNARD DE LYON

(MEDECINE — PHARMACIE)

ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT LE 18 DECEMBRE 1980
POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR VETERINAIRE
PAR

PATRICK PAUBEL

NE LE 2 Décembre 1953 A BOURG EN BRESSE





LE FAUCON PELERIN EN FRANCE

ETUDE DE LA DYNAMIQUE D'UNE POPULATION DES MONTS JURA EN RELATION
AVEC LA CONTAMINATION PAR LES PESTICIDES ORGANO-CHLORES





Digitized by the Internet Archive
in 2026

PERSONNEL ENSEIGNANT DE L'ECOLE NATIONALE VETERINAIRE

DE LYON

DIRECTEUR :

Monsieur le Professeur COTTEREAU

PROFESSEURS

1°) Alimentation	-
2°) Anatomie	M. BARONE
3°) Chirurgie	M. COULON
4°) Histologie - Anatomie pathologique	M. TISSEUR
5°) Hygiène et Industrie des Aliments d'Origine animale	M. CHANTEGRELET
6°) Maladies Contagieuses	M. JOUBERT
7°) Parasitologie	M. EUZEBY
8°) Pathologie Générale Microbiologie	M. OUDAR
9°) Pathologie médicale du bétail	M. COTTEREAU
10°) Pathologie médicale des Equidés	M. FONTAINE
11°) Pathologie de la reproduction	M. BERTRAND
12°) Pharmacie-Toxicologie	M. LORGUE
13°) Physiologie	M. BOST
14°) Physique-Chimie	M. DELATOUR
15°) Zootechnie	M. FROGET
16°) C.F.T.S.V.	M. FLACHAT

PROFESSEURS SANS CHAIRE

MM. JEAN-BLAIN, LE NIHOUANEN, GASTELLU, PRAVE, LAPRAS,
MM. DESCHANEL, BOIVIN,

II

MAITRES ASSISTANTS AGRÉGÉS

MM. GEVREY, RICHARD, KECK.

MAITRES ASSISTANTS

MM. DENOIX, FAU, BELLI, DEMONT, CHOMEL, Mme CHAUVE,
MM. EUZEBY, LEGEAY, Mme RACHAIL, M. JAUSSAUD, M. GARNIER,
Melle COURSAT

ASSISTANTS

MM. GRANCHER, DULAC, Mme CHAPPUIS, MM. DROMIGNY, DUCLOS,
MM. NGO TAN Hung, GUERIN, THIN, BOUVIER, PEPIN, Mme PEPIN,
M. THIEBAULT, Melle MARTIN.

MEMBRES DU JURY DE THESE

PRESIDENT : Monsieur le Professeur COUDERT
de la Faculté de Médecine de Lyon

PREMIER ASSESSEUR : Monsieur le Professeur LORGUE
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon

DEUXIEME ASSESSEUR : Monsieur le Professeur DESCHANEL
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon

A notre Président de thèse

Monsieur le Professeur COUDERT
de la Faculté de Médecine de LYON

qui nous a fait le grand honneur d'accepter
la présidence de notre jury de thèse.

Très respectueux hommages.

A Monsieur le Professeur LORGUE
Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon

qui a bien voulu s'intéresser à notre travail
et a accepté de le juger.

A Monsieur le Professeur DESCHANEL
Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon

qui a accepté de participer à notre jury
de thèse.

qu'ils trouvent ici l'expression de notre reconnaissance.

A Monsieur Gérard KECK

Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire
de Lyon

dont la compétence nous a particulièrement aidé dans
notre travail.

Nous lui sommes reconnaissants des conseils qu'il nous
a prodigués.

A Monsieur René-Jean MONNERET

Secrétaire du Fonds Régional d'Intervention pour les
rapaces (Franche-Comté)

qui nous a beaucoup appris et a su nous communiquer
la passion pour le Pèlerin.

A Annie, ma femme
en témoignage de mon amour

A toute ma famille

A mes amis

La présence des prédateurs nous révèle une nature saine,
dont l'humanité a besoin pour connaître sa mesure et tout simplement
pour survivre ... S'ils vivent et prospèrent, c'est que tout est dans
l'ordre du monde.

Paul GEROUDET

P L A N

INTRODUCTION

PREMIERE PARTIE : LE FAUCON PELERIN

CHAPITRE I : SYSTEMATIQUE

CHAPITRE II : MORPHOLOGIE

CHAPITRE III : BIOLOGIE

I. Nutrition - Régime

1. Mode de chasse

1.1. La technique de l'affût

1.2. La technique du vol d'amont

2. Les proies

2.1. Le spectre alimentaire

2.2. La sélection des proies

3. Ecologie de la prédation

II. Reproduction - Nidification

A. Chronologie des différentes phases

1. Territoire - Site - Aire

2. Parades - Ponte - Incubation - Eclosion - Elevage - Envol

B. Physiologie de la reproduction

1. Rappels anatomiques

2. Formation de la coquille

3. Régulation neuro-hormonale

CHAPITRE IV : DEMOGRAPHIE

I. Généralités sur les populations d'oiseaux

A. Définition d'une population

B. Appréciation d'une population

II. Le déclin mondial du pèlerin

DEUXIEME PARTIE : LES PESTICIDES ORGANO-CHLORES

CHAPITRE I : STRUCTURE - PROPRIETES

- A. Organo-chlorés à usage agricole
- B. Organo-chlorés à usage industriel :
les biphényles polychlorés ou PCB
 - 1. Structure
 - 2. Propriétés physiques
 - 3. Production industrielle et applications commerciales
 - 4. Source des PCB dans l'environnement

CHAPITRE II : METABOLISME DES ORGANO-CHLORES - RAPPELS

- A. Absorption
- B. Distribution dans l'organisme
- C. Biotransformations
- D. Elimination

CHAPITRE III : BIOCONCENTRATION ET TRANSFERT LE LONG DES CHAINES ALIMENTAIRES

- A. Dans le milieu abiotique
- B. Dans le milieu biotique

CHAPITRE IV : TOXICITE - MODE D'ACTION

- A. Toxicité aiguë des organo-chlorés
- B. Toxicité à long terme
 - a/ Actions biologiques
 - 1/ Effets biochimiques
 - * Induction enzymatique
 - * Induction de l'anhydrase carbonique
 - * Autres effets biochimiques
 - 2/ Effets sur la thyroïde
 - 3/ Mutagénèse et tératogénèse
 - 4/ Effets immunosuppresseurs

b/ Conséquences sur la reproduction des oiseaux
notamment le Faucon Pèlerin

- 1/ Action directe sur les reproducteurs
- 2/ Action sur la ponte
- 3/ Action sur les embryons
- 4/ Action sur les jeunes

TROISIEME PARTIE : ETUDE DES POPULATIONS DE FAUCON PELERIN DANS LES MONTS DU JURA LE "PROJET PELERIN"

CHAPITRE I : LE MILIEU

I. Composantes abiotiques

- 1. Données géologiques
- 2. Données climatologiques

II. Composantes biotiques.

CHAPITRE II : DYNAMIQUE DES POPULATIONS = EXEMPLE D'UNE POPULATION DES MONTS DU JURA.

- A. Définition des paramètres démographiques.
- B. Courbes et interprétation

CHAPITRE III : METHODE DE REPEUPLEMENT

I. Expériences préliminaires

II. Le projet pèlerin proprement dit

- 1. Conditions nécessaires
 - a/ Choix du site
 - b/ Collecte des œufs
 - c/ Acceptation du projet
- 2. Matériel
- 3. Déroulement du projet
 - a/ Prélèvements et éclosions
 - b/ Incubation artificielle
 - c/ Ponte de remplacement
 - d/ Résultats globaux

CHAPITRE IV : ETUDE DE LA CONTAMINATION CHIMIQUE

Introduction - Rappels

A. Matériels et méthodes

1. Prélèvements utilisés
2. Substances recherchées
3. Protocole
 - a/ Extraction
 - b/ Purification
 - c/ Concentration
 - d/ Identification et dosage

B. Résultats

C. Discussion

1. Signification toxicologique
2. Evolution selon les années
3. Cas du mercure

D. Relation entre les taux de contamination et le déclin des populations

CONCLUSION

SIBLIOGRAPHIE

TABLE DES MATIERES

I N T R O D U C T I O N

"Depuis plusieurs années que cette guerre de destruction a commencé, il n'y avait plus, en 1844, qu'un seul couple (dans la région de Dieppe) dont Monsieur HARDY prit les œufs au mois d'avril. A son avis, les aires, ne devaient désormais être occupées qu'autant que le hasard réunirait sur ces falaises, à l'époque des pariades, des individus adultes de sexe différent. Il est donc à craindre, ajoute-t-il, que le faucon pèlerin ne disparaisse de nos rivages".

Malgré cette citation de 1863, extraite de "la fauconnerie ancienne et moderne" de J.C. CHENU et O. DES MURS, le faucon pèlerin est toujours présent en FRANCE.

De nombreux livres de vulgarisation actuels semblent prévoir son extinction prochaine. Qu'en est-il exactement ? Sa situation est connue en Amérique et en Angleterre où les méfaits des organo-chlorés ont conduit à une baisse des taux de natalité et de fécondité.

En France, plusieurs autres facteurs peuvent être invoqués, notamment les prélèvements de jeunes avant l'envol pour leur utilisation en fauconnerie.

Après avoir rappelé les caractéristiques morphologiques, biologiques et démographiques de l'espèce, dans une première partie, les différentes catégories de substances incriminées dans une seconde, nous verrons si les pesticides agricoles ont en France la même importance que dans d'autres pays.

Cette étude sur la contamination chimique des oiseaux français a été rendue possible car incluse dans un projet de sauvetage de l'espèce, le "projet pèlerin" présenté dans une même et dernière partie.

Ce projet contemporain des lois sur la protection des rapaces aura permis au Faucon Pèlerin de ne pas avoir disparu de nos falaises en 1979.

PREMIERE PARTIE

LE FAUCON PELERIN

C'est le plus beau et le plus rapide de tous les rapaces. Chasseur de haut-vol, puissant, exclusivement ornithophage, il est représenté sur tous les continents par de nombreuses sous-espèces.

Après avoir placé l'oiseau dans la systématique, nous en verrons les caractères morphologiques, biologiques et démographiques.

CHAPITRE I : SYSTEMATIQUE

L'ordre des falconiformes comprend ce que l'on nomme classiquement les rapaces diurnes, rapaces qui sont consommateurs d'animaux très divers, comme de minuscules insectes (cas de certains Fauconnets) ou de charognes et de cadavres (comme vautours et cathartes).

Cet ordre rassemble quelques 274 à 280 espèces selon les auteurs.

Les caractéristiques principales des Falconiformes sont un bec robuste avec un fort crochet à l'extrémité ainsi que des serres puissantes et une vision perfectionnée.

Le sous-ordre des Falcones comprend une seule famille, celle des Falconidae, caractérisée par la "dent", excroissance tranchante du bec.

Le genre *FALCO* regroupe 39 espèces.

L'espèce *Falco peregrinus* est cosmopolite. Selon les auteurs, 20 à 25 sous-espèces de Pèlerins sont décrites; les principales sont les suivantes :

1° - En Europe : - *Falco peregrinus peregrinus* colonise les îles britanniques et la Scandinavie.

- *Falco peregrinus germanicus* habite le centre de l'Europe. Il niche notamment dans l'Est de la France. C'est une population de cette sous-espèce que nous avons étudiée.

- *Falco peregrinus brookei* est la variété méditerranéenne et habite en Espagne et en Grèce.

2° - En Asie : - *Falco peregrinus calidus* est le Pèlerin de la Toundra ; un certain nombre d'individus hivernent en France.

3° - En Amérique : - *Falco peregrinus tundrius* habite le Nord du continent, au Canada et en Alaska par exemple.

- *Falco peregrinus anatum* se trouve plutôt au Sud du continent nord-américain.

- *Falco peregrinus pealei* occupe les îles côtières du Pacifique.

Parmi les autres on peut citer :

Falco peregrinus, *cassini*, *kreyenborgi*, *perconfusus*, *radama*, *arabicus*, *pelegrinoïdes*, *caucasicus*, *macropus*, *peregrinator*, *ernesti*, *brevirostris*, *kleinschmidtii*, *pleskei*, *babylonicus*, *frutii*, *nesiotes*.

La grande variabilité et la vaste aire géographique de cette espèce, témoignent de sa réussite. Malheureusement, cet oiseau qui occupe le sommet de certaines chaînes alimentaires est la victime des pesticides phytosanitaires dont les effets à long terme entraînent sa stérilisation. Ainsi, la variété ANATUM a fait l'objet d'un programme de sauvetage en Amérique, ses effectifs étant très réduits.

CHAPITRE II : MORPHOLOGIE

Ce rapace est de dimensions relativement modestes.

Le mâle, appelé aussi tiercelet, a la taille de la crécerelle et pèse de 550 à 650 grammes. La femelle pèse de 850 à 1200 grammes, ce qui lui permet de capturer de grosses palombes (*Columba Palumbus*) en migration par exemple. Ce dimorphisme sexuel n'est pas le propre du pèlerin; il existe aussi d'autres Falconidés et chez des Accipitridés tels qu'Autours et Eperviers. (Fig. 3a)

C'est un oiseau massif et trapu, dont l'envergure est de 80 cm minimum (mâle) à 120 cm maximum (femelle). Les ailes sont larges, mais très pointues ; la queue est courte en comparaison de celle de la crécerelle ou de l'autour ; à ce propos, on peut noter que, bien que pouvant occuper le même milieu, notamment la même surface pour chasser, le faucon pèlerin et l'autour ne sont pas des concurrents alimentaires car leur morphologie et leur mode de chasse différents ont pour conséquence les captures de proies différentes.

Le plumage est brun-ardoisé sur le dos avec la poitrine claire, ornée de stries transversales sombres chez l'adulte. La coloration est identique pour les deux sexes avec des contrastes de couleur plus violents chez le mâle.

La tête est sombre, ornée de moustaches noires. Le bec court porte la "dent", caractéristique du genre *Falco*, qui permet de tuer la proie en disloquant les vertèbres cervicales.

En vol, l'oiseau paraît sombre avec un croissant blanc sur le haut de la poitrine. La cire du bec, le tour de l'œil et les pattes, sont d'un jaune doré très vif chez le mâle.

Les jeunes ont une parure plus cryptique ; le dos est très sombre, marron à noir, la poitrine est brune claire à roussâtre, mouchetée de points sombres alignés en stries longitudinales. Les moustaches sont nettement moins marquées que chez les adultes.

Il se dégage de cet oiseau une impression de force et de puissance concentrées qui ont fait son estime des Fauconniers. Ceux-ci l'utilisaient autant pour la chasse que pour son esthétique. La mythologie égyptienne l'a consacré, à travers HORUS, Dieu du Ciel et Dieu de la Guerre. La beauté des pèlerins est reconnue depuis des milliers d'années.

CHAPITRE III : BIOLOGIE =====

Chasseur de haut vol, le pèlerin est un oiseau des milieux ouverts. Il patrouille en général au-dessus des strates végétales, parfois, très haut dans le ciel. De ce mode de chasse découle son régime, caractérisé par le spectre des proies. Après avoir étudié sa nutrition, nous verrons les principales étapes de la reproduction, en relation étroite avec le biotope dans lequel évolue l'oiseau.

I - NUTRITION - REGIME

1. - Mode de chasse

Le pèlerin est le spécialiste des chutes en piqués verticaux ou légèrement obliques. Il surveille son territoire d'une altitude de 500 à 750 mètres. Deux principales techniques peuvent être décrites.

1-1 La technique de l'affût

Selon une étude réalisée par MONNERET dans une région de moyenne montagne, 75 % des attaques seraient entreprises d'un affût élevé. Souvent l'oiseau est perché sur des buissons ou une branche sur le haut de la falaise, endroit d'où il peut voir une vaste étendue de terrain. Il n'attaque pas généralement les petits oiseaux qui passent près de lui, mais attend qu'ils soient à 400 ou 500 mètres, sa vitesse seule garantissant son succès.

J'ai observé à maintes reprises un tiercelet à l'affût qui démarrait sans voir de proies, mais débouchait après un crochet à angle droit derrière une arête rocheuse, pour surprendre les passereaux qui voletaient sans le voir. Cet effet de surprise est recherché par des oiseaux expérimentés qui connaissent bien leur territoire. Il faut

remarquer évidemment que le nombre d'échecs est supérieur au nombre de captures.

1-2 La technique du vol d'amont

L'oiseau, lors de planées d'un crêt à l'autre, apercevant un passage au-dessous de lui, se laisse choir comme une pierre sur la proie qui en fait de même. Ayant une faible vitesse initiale, il faut qu'il lie sa proie avant qu'elle n'atteigne le couvert.

Parfois il prend de l'altitude, semblant abandonner son objectif qui poursuit sa route en ligne droite, puis par une courbe rapide, il ajuste sa trajectoire descendante sur celle des proies, comme s'il prenait la ligne de mire. Puis, il accélère et termine sa chute dans un piqué vertigineux parfois à plus de 320 km/heure.

2.- Les proies

2-1 Le spectre alimentaire

Il est conditionné par les facultés du rapace lui-même et par celle des proies.

- Pour le rapace, le problème de la vitesse ne se pose pas ; Mais toutes les espèces vivant sous couvert sont hors d'atteinte, de même que celles s'en éloignant peu. Le pèlerin doit prendre de la vitesse nécessairement ; il ne peut pas voler entre les branches. D'autre part, c'est un oiseau courageux qui peut s'attaquer à une buse planant près de l'aire, surtout au moment de l'élevage des jeunes où l'agressivité interspécifique atteint son paroxysme. Les gros rapaces planeurs, le grand corbeau ne sont pas à proprement parler des proies mais représentent des stimuli suffisants pour déclencher l'attaque.

- Pour la proie, ce qui compte est son mode de déplacement ; le pèlerin s'attaque aux oiseaux volants en bandes, en milieu découvert. Toute espèce de sous-bois ne pourra être capturée qu'en migration par exemple.

Les poids respectifs du prédateur et de la proie interviennent aussi, un tiercelet ne pouvant pas lier une palombe (*Columba palombus*) alors que la femelle le peut ; il en résulte un spectre assez vaste de proies (bien que l'on retrouve fréquemment les mêmes dans nos régions). (cf figure 1).

Toute l'année, les pèlerins pourront capturer des pinsons, des merles, des étourneaux et des geais.

A l'automne, le nombre de grives prises par le mâle augmente ainsi que le nombre de ramiers pris par la femelle. Lorsque les ramiers traversent le Jura pour descendre la Vallée du Rhône par milliers, certaines femelles de faucons pèlerins deviennent "nomades", exerçant leur prédation sur la bande tout au long de la traversée.

Pendant le nourrissage des jeunes, choucas, pigeons, corneilles sont souvent les proies de la femelle qui est alors très active.

Selon le milieu dans lequel vit le rapace, on peut trouver aussi perdrix, martinet ou vanneau dans la liste des proies potentielles.

En France, le merle est une proie fréquente alors qu'il est très rarement capturé en Espagne où les steppes céréalières abondent en granivores comme l'alouette des champs ou le ganga unibande.

La littérature cite aussi les prises de sarcelles, foulques ou même jeunes hérons cendrés.

Toutes les proies capturées ne sont pas choisies au hasard.

2-2 La sélection des proies

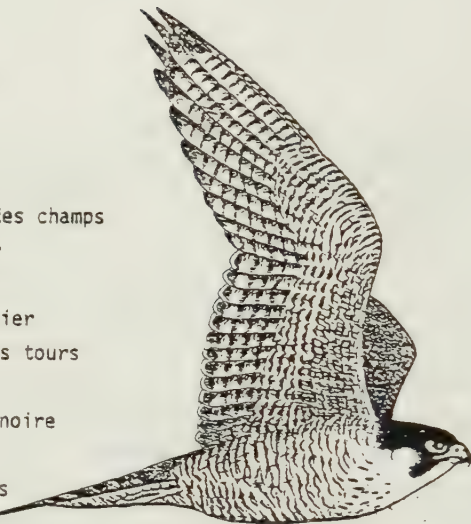
Selon RODRIGUEZ DE LA FUENTE, les variations de régime au cours du cycle de reproduction dépendent non seulement des besoins du rapace, ainsi que du sexe de l'oiseau qui chasse, compte tenu d'une puissance différente, mais des proies elles-mêmes. En effet, les mâles passereaux sont mieux repérés lors de leurs parades nuptiales, de par leurs évolutions et leurs couleurs vives. Ceci permettrait d'attirer les prédateurs sur les mâles afin que les femelles de teintes plus cryptiques puissent couvrir et élever leurs jeunes.

L'effet sur la dynamique des populations de proies est ainsi tamponné.

FIGURE 1
LE FAUCON PELERIN
ET SES PROIES

14

1. Alouette des champs
2. Merle noir
3. Etourneau
4. Pigeon ramier
5. Choucas des tours
6. Grives
7. Corneille noire
8. Geai
9. Tous petits
passereaux



Il semble que le rapace choisisse sa proie dès le début de son attaque. Celle-ci est constituée par un jeune individu ou un oiseau âgé ; ce pourra être un oiseau écarté ou distancé par la bande pour faiblesse ou maladie : ceci est prouvé par les oiseaux de fauconnerie qui capturent inmanquablement les proies dont on a préalablement arraché une ou deux rémiges.

Par ce biais, le rapace joue le rôle "d'agent sanitaire du ciel", ce qui contribue à l'équilibre et à la sélection de l'avifaune.

De ces quelques considérations se dégagent deux aspects importants de la prédation du pèlerin :

- d'une part, les proies sont constituées d'oiseaux se déplaçant rapidement, en vol battu. Ces espèces, comme le pigeon ramier ou le pinson des arbres, sont souvent granivores et sont dotées d'une excellente musculature pectorale, ce qui constitue une source importante de protéines.

- D'autre part, le rapace choisit ses proies parmi les plus faibles ou parmi celles dont le comportement est anormal, ceci à ses dépens, car il augmente ainsi ses chances de contamination, en se nourrissant d'oiseaux éventuellement affaiblis par l'absorption de toxiques.

3. - Ecologie de la prédation

Le pèlerin peut s'attaquer à plus de 120 espèces d'animaux.

Les interactions entre le prédateur et la proie sont complexes et difficiles à étudier. Interviennent l'appétit du rapace avec une marge plus ou moins grande de gaspillage, le nombre de rapaces en action, les succès de reproduction, les préférences alimentaires, la disponibilité en proies ainsi que la vulnérabilité de celles-ci.

- Le nombre de pèlerins par unité de surface n'entre plus chez nous en ligne de compte, la raréfaction de l'espèce a fait que l'ensemble des sites disponibles n'est pas saturé.

- L'appétit est variable, les rapaces pouvant supporter un jeûne prolongé. La fraction gaspillée représente 10 à 30 % de la fraction capturée. Il faudrait en fait, connaître le poids des proies par saison de reproduction en tenant compte de la nichée.

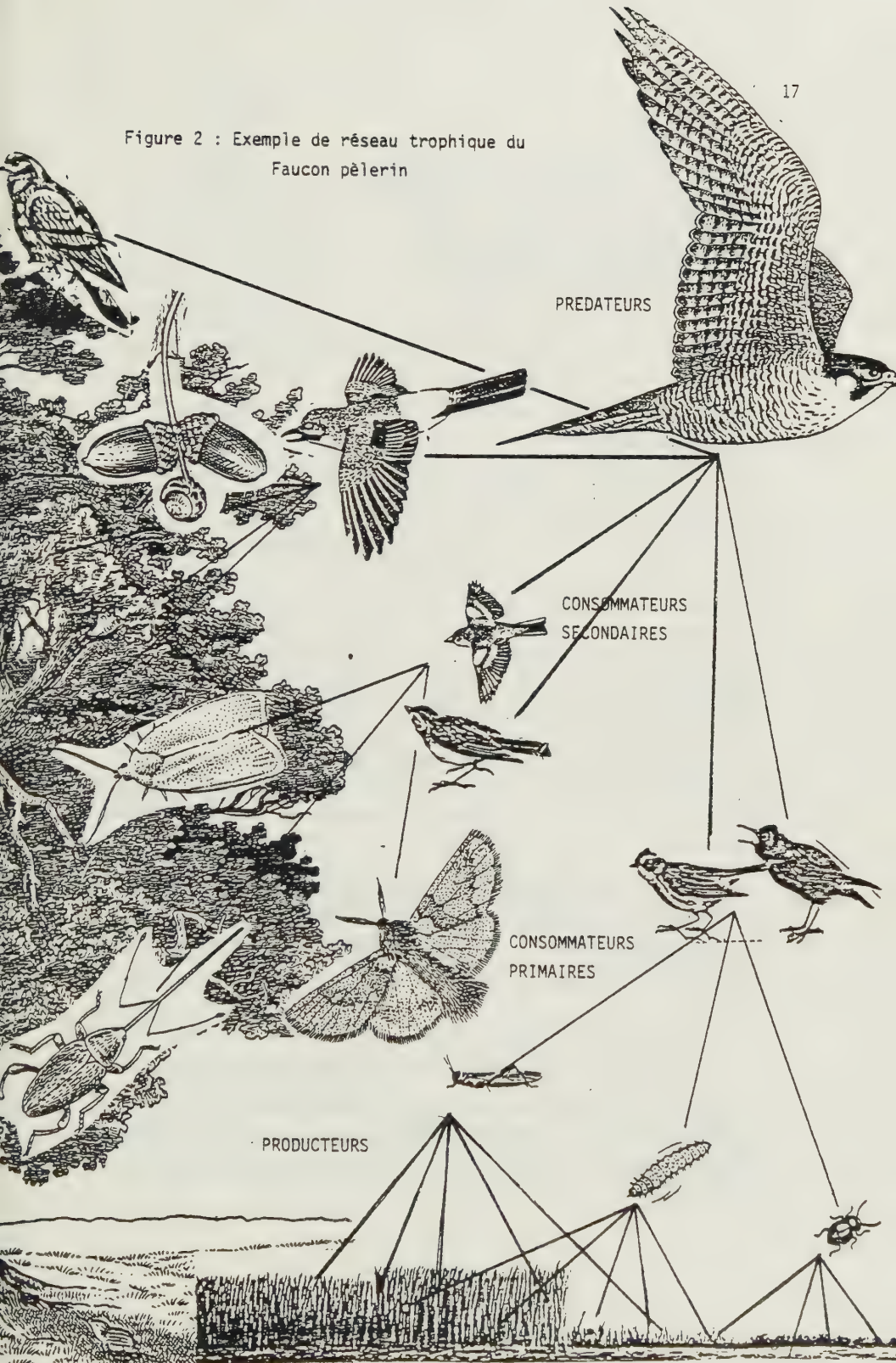
- Il existe chez nous une préférence pour la palombe et le geai en ce qui concerne la femelle. Les proies capturées par le tiercelet sont très difficiles à déterminer.

- Les densités de proies potentielles sont mal connues, elles ne sont pas toutes vulnérables par un même prédateur : ainsi le lagopède ne constitue une proie pour le pèlerin qu'en vol ; à terre, il sera capturé par l'aigle royal. (Leslie BROWN)

De ces interactions Proie-Prédateur, il semble logique de retenir que la densité des proies est le facteur limitant l'activité des rapaces. On pourra voir le tiercelet recommencer des chasses plusieurs dizaines de fois dans le même après-midi (Bugey 18 avril 1978 observation personnelle), alors que d'autres jours, il pourra rester sur les œufs de longs moments pendant que la femelle se nourrit.

Le pèlerin, se trouve néanmoins toujours au sommet de la pyramide de l'avifaune. (cf figure 2). Sa régression n'est pas liée à une diminution de la biomasse des proies potentielles mais uniquement à l'action de l'homme. On peut noter cependant l'existence d'un prédateur du pèlerin adulte, qui est le hibou grand duc (*Bubo bubo*). Ce grand nocturne, bien qu'en effectif très limité, pourrait entraîner la disparition du pèlerin si les territoires des deux oiseaux coïncidaient. Là, encore, l'homme pourrait jouer un rôle néfaste par le biais de réintroduction ou de lâchers intempestifs.

Figure 2 : Exemple de réseau trophique du Faucon pèlerin



II - REPRODUCTION - NIDIFICATION

A - CHRONOLOGIE DES DIFFERENTES PHASES

1. - Territoire - Site - Aire

Le territoire de reproduction qui est totalement différent du terrain de chasse est une surface de 200 à 600 mètres de rayon autour de l'aire dans laquelle s'exerce l'agressivité intra-spécifique. Dans cette zone en effet, aucun individu étranger au couple n'est toléré.

L'agressivité envers d'autres espèces s'y exerce aussi, surtout au printemps.

Le site de nidification est représenté chez nous par des falaises calcaires. Ce peut être des falaises d'autre nature, en bordure de mer, par exemple, ou même des sites artificiels tels que corniches de buildings dans certaines grandes villes. Dans les Pays de l'Est, il peut être contraint de nicher dans de grands arbres, en utilisant les vieux nids de corvidés ou d'autres rapaces. Dans la toundra ou les déserts, il niche parfois à même le sol.

En France, la nidification naturelle se fait, nous l'avons vu, dans des falaises calcaires : l'oiseau utilise la roche modelée de vires ou d'anfractuosités, souvent surmontée de surplombs mettant l'aire à l'abri.

L'aire abritée peut être un trou ou une corniche qui est peu aménagée par la femelle, qui gratte seulement une cuvette. Elle se trouve généralement dans le tiers supérieur de la falaise et est d'accès facile en vol.

2. - Parades - Ponte - Incubation - Eclosion - Elevage - Envol

Les différentes phases de la reproduction sont bien connues.

Il faut noter que les dates de chaque étape sont variables selon la latitude, l'année considérée et même selon le couple étudié, certains étant d'année en année plus précoces que d'autres.

Parades

Les oiseaux se cantonnent vers la mi-février sur les sites de nidification. Les parades débutent par des vols à deux, des piqués acrobatiques. Ces manifestations sont accompagnées de cris longs et montants. Les accouplements sont nombreux. (Cf Figure 3b)

Ponte

Dans les 15 jours qui la précèdent, la femelle vole peu, entrant dans un état semi-léthargique et visiblement mal à l'aise. Les trois ou quatre œufs roux tachés de brun, de 45 à 50 grammes sont déposés à intervalle de 48 heures. Les accouplements se poursuivent pendant cette période. La ponte a lieu du 15 au 20 mars en moyenne (fin février - 10 avril).

Incubation

Elle débute à la ponte du dernier œuf. Menée surtout par la femelle, elle dure 32 à 35 jours, le mâle assurant le ravitaillement. La femelle doit rouler et retourner les œufs régulièrement pour assurer un développement correct et éviter les adhérences des membranes ; la période critique de l'incubation se situe dans les 8 premiers jours.

Eclosions

Elles ont lieu le même jour environ pour tous les œufs. Les poussins pèsent de 33 à 36 grammes, leur duvet collé au corps s'élouriffe dans les heures qui suivent. Le poussin en bonne santé se reconnaît à sa station redressée sur le trépied formé par les pattes et le croupion.

Nourrissage - Elevage

La femelle reste sur ses jeunes au début pour les abriter du froid et des agresseurs éventuels. Lorsqu'elle nourrit avec des lambeaux de viande humidifiés dans son bec, elle émet des cris courts

FIGURE 3

a)

LE FAUCON PELERIN

MORPHOLOGIE



Vue dorsale



Adulte



Immature

Vue ventrale



En vol



Près de l'aire

b)

LE FAUCON PELERIN

BIOLOGIE



Parade - Offrande de proie

ou "tsickés" qui provoquent l'ouverture du bec du poussin ; les jeunes, en grandissant, se mettent à quêmander leur nourriture. Vers 10 jours, le second duvet laineux apparaît ; à 15 jours, la femelle ne les protège plus ; vers 25 jours, les premières rémiges apparaissent. Vers 35 jours, les jeunes courent sur les vires voisines de l'aire. L'envol a lieu entre le 40ème et le 50ème jour, les tiercelets sautant dans le vide les premiers.

B - PHYSIOLOGIE DE LA REPRODUCTION

1. - Rappels anatomiques

Chez les oiseaux, l'appareil génital est un organe impair où ne subsiste que l'ovaire gauche. Il comprend :

- l'ovaire, qui se présente sous une forme de grappe qui contient des ovules immatures qui se développeront lors de la saison de reproduction.

- l'oviducte, qui débute par l'infundibulum ou pavillon qui recueille l'ovule lors de sa descente dans le tractus génital. Il se prolonge par le magnum, riche en glandes qui secrètent l'albumen.

- l'isthme, dans lequel le blanc de l'œuf sera hydraté.

- l'utérus, qui est en fait la glande coquillière

- le vagin, fait la liaison avec le cloaque.

2. - Formation de la coquille

Dans l'isthme et l'utérus a lieu le "Plumping" ou réhydratation du blanc. Le gonflement du blanc qui vient au contact de l'utérus stimulerait la sécrétion de la coquille par dépôt de carbonate de calcium.

La coquille terminée est formée de 3 couches :

- couche mamillaire : 1/3 de l'épaisseur carbonate de calcium (cristaux de calcite) réuni par des ponts de kératine à la membrane coquillière externe.

- couche spongieuse : la plus épaisse, faite de carbonates et phosphates de calcium et magnésium, supportés par une protéine de type collagène.

- cuticule

La coquille terminée contient 98,4 % de matières sèches (98 % de carbonate de calcium). Ce calcium en grande quantité, provient du sang sous forme ionisée libre, ou combinée à des protéines. Les transferts ioniques sont sous dépendance hormonale.

3. - Régulation neuro-hormonale

Le cycle sexuel débute au printemps, les variations de luminosité et de photopériode étant les principaux stimuli. Ceux-ci induisent la sécrétion d'hormones hypothalamo-hypophysaires par le biais des releasing-factors.

L'hypophyse secrète :

- FSH, qui provoque le développement des follicules et la sécrétion d'oestrogènes par l'ovaire (qui sont responsables des caractères sexuels secondaires)
- LH, qui provoque l'ovulation
- LTH, ou prolactine responsable du comportement de reproduction dont la couvaion.

Les oestrogènes ont une action sur la sécrétion de la coquille. Le calcium est apporté par l'alimentation, et, pour une part très importante, par les réserves osseuses. Chez les oiseaux en effet, de nombreux os longs sont riches en calcium mobilisable.

Les sources principales sont les côtes, le bassin, le fémur.

Les hormones provoquent une augmentation du stockage osseux du calcium pendant la saison de reproduction. Au moment de la ponte, les oestrogènes permettent sa mobilisation.

Celui-ci passe dans le sang pour être consommé dans l'utérus grâce à l'anhydrase carbonique.

L'explication de ces mécanismes permet d'envisager que toute action sur le cycle pourra avoir des conséquences sur la coquille de l'œuf.

- Les lésions du système nerveux peuvent aboutir à une fausse interprétation des stimuli extérieurs ainsi qu'à un comportement anormal.

- des substances modifiant le métabolisme oestrogénique ou agissant sur l'anhydrase carbonique conduisent à un dérèglement des transferts de calcium, pouvant entraîner une baisse de la densité et même un amincissement de la coquille de l'œuf.

CHAPITRE IV : DEMOGRAPHIE

I - GENERALITES SUR LES POPULATIONS D'OISEAUX

A - Définition d'une population

Une population d'oiseaux est un système ouvert dans lequel s'ajoutent de nouveaux individus par les effets de la reproduction et dans lequel s'en retranchent d'autres par décès. Il s'agit d'individus d'une même espèce.

- Les effets de la reproduction interviennent positivement par l'apport naturel des jeunes ou par le biais de lâchers d'individus obtenus artificiellement en captivité. Ils interviennent négativement lorsque le nombre d'individus entrant dans le système diminue pour cause de stérilité, baisse de fécondité par exemple.

- Les décès sont dus à la prédation, ce qui est le cas des jeunes du Faucon Pèlerin (fouines, grands corbeaux), aux facteurs physiques du milieu (par l'intermédiaire du manque de nourriture), aux maladies (parasitisme, intoxications) ainsi qu'aux accidents. L'homme en tant que prédateur intervient (chasse, méthodes culturales, taxidermie, fauconnerie).

Le système est en équilibre, c'est-à-dire que la population est stable, lorsque les effets respectifs des entrées et des sorties s'annulent. Dans le cas d'un prédateur comme le pèlerin, les facteurs physiques du milieu interviennent de façon constante ainsi que le parasitisme et les accidents. Par contre, l'homme agit sur les sorties par prélèvement d'adultes (chasse), des jeunes (fauconnerie) ou même d'œufs (collectionneurs) et sur les entrées par l'intoxication chronique des oiseaux avec les pesticides chimiques répandus pour le traitement de cultures ou par certaines industries. D'où la chute vertigineuse qu'ont connu les grands oiseaux prédateurs tels que le pèlerin depuis la seconde guerre mondiale.

B - Appréciation d'une population

Pour étudier une population d'oiseaux, il faut estimer le nombre d'individus peuplant une surface donnée. Cette estimation peut se faire par différentes méthodes basées sur l'échantillonnage. Les populations de pèlerins sont si réduites que l'échantillon doit représenter l'ensemble de la population pour être représentatif.

C'est le recensement avec identité, sexe et âge qui est utilisé. Il est pratiqué sur les lieux et à la période de reproduction car les oiseaux sont cantonnés (évite l'influence des migrations). On cherche donc tout d'abord les sites habités par visites systématiques et longues attentes pour obtenir des indices de présence des oiseaux.

Sur l'ensemble des sites visités, on recherche le nombre d'oiseaux ou mieux, le nombre des couples nicheurs. En répétant ce travail plusieurs années, on en déduit un profil de la population qui permet de savoir si celle-ci est en extension ou en régression. La connaissance à travers une paire de jumelles de la structure d'une population est très limitée pour le pèlerin puisque l'on détermine seulement en pratique le sexe et l'âge (immature si deuxième printemps, ou adulte si au-delà). L'étude des paramètres démographiques de la population de faucons des Monts du Jura sera envisagée dans la IIIème partie.

II - LE DECLIN MONDIAL DU PELERIN

Depuis 1962, dans le monde entier, les ornithologues se préoccupent du Faucon Pèlerin. Sa distribution cosmopolite fut le dénominateur commun qui attira l'attention sur son déclin simultané dans deux continents. L'étude de RATCLIFFE (1970) prouva qu'il existait une corrélation entre l'amincissement des coquilles et la présence d'organo-chlorés dans ces œufs. Ces recherches furent étendues à une douzaine d'autres rapaces. Parmi les causes qui sont invoquées :

- les persécutions par les chasseurs et les collectionneurs d'œufs tinrent une place importante jusqu'à la protection accordée par de nombreux pays.

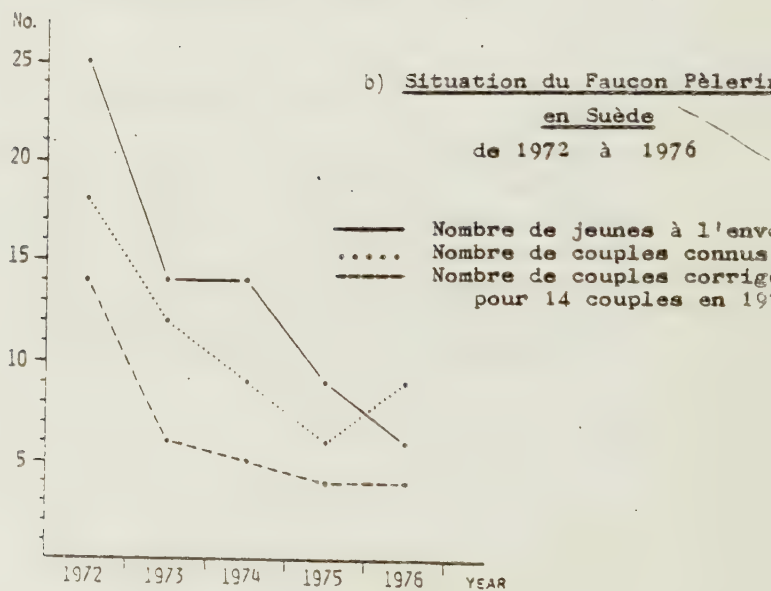
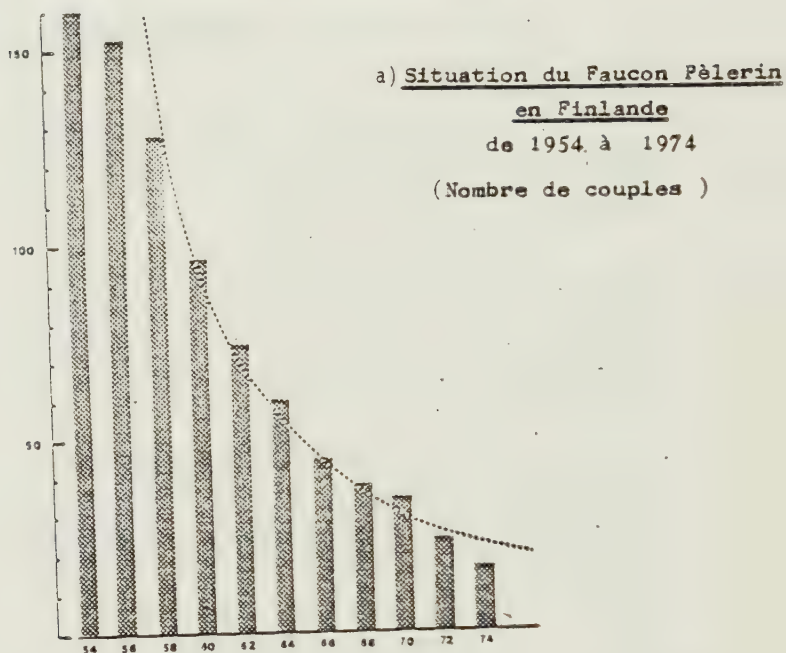
- l'emploi des produits phytosanitaires s'est développé depuis la dernière guerre mondiale, à la suite de l'utilisation des composés organo-chlorés dont le DDT fut le chef de file.

Successivement, on vit apparaître les insecticides, les fongicides, les herbicides et actuellement les polluants industriels de type biphényl - polychloré. Aucun groupe de produits chimiques n'a suscité autant de controverses. Nous rappellerons dans une 2ème partie de ce travail quels sont leur nature, métabolisme et surtout leurs effets à long terme, notamment sur le faucon pèlerin.

Sur le plan mondial, la bibliographie concernant ces produits et leur rôle dans le déclin de l'espèce *F. peregrinus*, est maintenant très fournie. Le phénomène s'est produit en Finlande, Suède et surtout Angleterre pour ce qui est de l'Europe (cf figure 4).

La variété *anatum* subit le même sort sur le continent américain. Le problème se pose de savoir si, comme sur le continent américain, la raréfaction du pèlerin en France et notamment dans la chaîne du Jura fut liée aux effets de la pollution du milieu.

Ce sera l'objet de la troisième partie de ce travail.

Cas de la Finlande et de la Suède

DEUXIEME PARTIE

LES PESTICIDES ORGANO - CHLORES

Les aléas de la production agricole tiennent moins aux facteurs climatiques (grêle, gelée, sécheresse) qu'aux insectes et aux maladies cryptogamiques. Depuis une trentaine d'années, la protection des cultures a pris place parmi les techniques dont ne saurait plus se passer l'agriculture. L'emploi de substances de synthèse représente un net progrès dans la défense des moyens de subsistance de l'Humanité. Très tôt, les états se sont préoccupés du problème comme en témoigne la loi (modifiée) du 2 novembre 1943, relative à l'organisation du contrôle des produits anti-parasitaires.

Des substances très diverses sont regroupées dans la famille chimique des organo-chlorés. On peut les ranger en deux catégories selon leur usage agricole (produits antiparasitaires et phytosanitaires que l'on nomme pesticides) ou industriel (Polychloro-biphényles surtout). Toutes sont des substances organiques (chaînes carbonées) contenant un ou plusieurs atomes de chlore.

Après avoir rappelé la structure, la classification et quelques propriétés des principaux composés, nous envisagerons rapidement l'étude de leur métabolisme et enfin, un rappel sur leur mode d'action.

CHAPITRE I : STRUCTURE - PROPRIETES

A - ORGANO-CHLORES A USAGE AGRICOLE

Toutes ces substances contiennent plusieurs atomes de chlore dans leur molécule. Elles sont peu ou pas solubles dans l'eau mais par contre très solubles dans les graisses et les solvants des lipides.

Les principaux pesticides organo-chlorés sont regroupés dans le tableau ci-joint (tableau I). Tous sont interdits d'emploi depuis 1972 sauf :

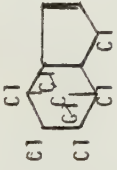
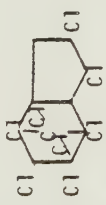
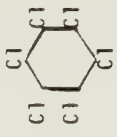
- le DDT, autorisé jusqu'en 1975 contre la pyrale du maïs.
- le lindane autorisé pour la désinsectisation des semences et pour les cultures maraîchères hors du territoire métropolitain.
- l'hexachlorobenzène utilisé contre la carie du blé.

Actuellement, en France, chaque produit incluant un principe actif nouveau destiné à usage phytosanitaire doit être soumis au contrôle de deux commissions et d'un comité d'étude. La réglementation concernant ces produits a contribué à la diminution du nombre de spécialités commercialisées ; Lindane et HCB sont toujours commercialisés mais leur teneur dans les milieux semble faible en regard de celle des PCB.

Tableau I PRINCIPAUX PESTICIDES A USAGE AGRICOLE

	FORMULE	PROPRIETES	ACTIVITE - TOXICITE
Groupe du DDT Op' DDT		Poudre blanche soluble dans les graisses et les solvants organiques Peu volatile Propriétés voisines	Action par contact sur de nombreux insectes DL50 rat : 113 mg/kg
DDD			Action par contact et ingestion
Groupe des cycladiènes Aldrine		Poudre blanche volatile très soluble dans solvants organiques Propriétés voisines	Action par contact ingestion et inhalation DL50 rat: 49 mg/kg
Diélidine			Action par contact et ingestion (fourmis, doryphores) DL50 rat : 34 mg/kg

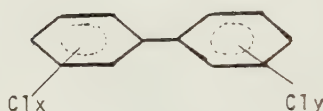
TABLEAU I (suite)

	FORMULE	PROPRIETES	ACTIVITE - TOXICITE
<u>Heptachlore</u>		solide cireux à point de fusion élevé très soluble dans solvants organiques	Action par contact et ingestion sur la plupart des insectes DL ₅₀ rat : 100 mg/kg
<u>Chlordane</u>		liquide visqueux brun très soluble dans solvants organiques	Action par contact, ingestion et inhalation
<u>Dérivés de l'hexane</u> HCH		Poudre cristalline incolore soluble dans solvants organiques instable en milieu alcalin	Action par ingestion, contact ou inhalation sur tous insectes (sauf larves) DL ₅₀ : 1250 mg/kg
<u>Dérivés du benzène</u> HCB		Poudre brunâtre grande affinité pour solvants organiques	Action anti-cryptogamique

B - ORGANO-CHLORES A USAGE INDUSTRIEL :

LES BIPHENYLS POLYCHLORES OU PCB

1 - Structure



Il s'agit d'un groupement diphenyle substitué par 1 à 10 atomes de chlore. La plupart des produits résultants sont obtenus par chloration aboutissant à un mélange d'isomères, caractérisé par son pourcentage de chlore.

Les PCB sont connus sous différents noms déposés :

AROCLOR (USA)
 PHENOCHLOR (France)
 CLOPHEN (RFA)
 KANECHLOR (Japon)
 FENCHLOR (Italie)
 SOVOL (URSS)

Leur identification peut être faite par séparation par chromatographie sur colonne, spectrométrie de masse, résonnance magnétique nucléaire ou par comparaison avec des PCB synthétiques.

2 - Propriétés physiques

Au fur et à mesure que la concentration en chlore augmente, on passe de liquides à des produits visqueux puis à des produits cristallisés. Les PCB sont solubles dans la plupart des solvants organiques et pratiquement insolubles dans l'eau. Ils sont remarquablement stables et inertes, ininflammables et inexplosifs. Ils possèdent en outre une excellente conductibilité thermique et une résistivité supérieure à 500 mégahms.

3 - Production industrielle et applications commerciales

Plus d'un million de tonnes de PCB auraient été produits sur la planète depuis 1930. Les Etats-Unis (500 000 t. entre 1968 et 1973) ont cessé toute fabrication et vente depuis 1977. La France est actuellement toujours productrice (RHONE-POULENC, PRODELEC, UGINE-KUHLMANN), mais on peut penser que cette production sera bientôt interdite. Les utilisations de ces produits sont très diversifiées : selon l'OMS, elles peuvent se classer du point de vue environnemental en trois catégories :

- les systèmes clos contrôlables : les PCB constituent des diélectriques dans les condensateurs et les transformateurs. Il y a possibilité de recyclage des PCB lorsque le matériel cesse de fonctionner.

- Les systèmes clos incontrôlables : les PCB sont utilisés dans des systèmes hydrauliques et d'échanges thermiques. Les fuites sont ici possibles.

- Utilisation à produit perdu : les PCB servent à la formation d'huiles de lubrification, sont utilisés dans l'industrie des peintures et des vernis et entrent dans la texture de certains pesticides.

4 - Source des PCB dans l'environnement

La pollution se fait surtout par vaporisation des plastifiants, vaporisation dans les usines d'incinération, fuites et rejets des liquides industriels. A ces voies s'ajoutent le rejet et l'incinération dans les décharges où la diffusion des PCB serait très lente.

C'est surtout l'industrie, par la fuite et les rejets, qui est responsable de la pollution de l'environnement (12 tonnes de retombées atmosphériques annuelles dans le Sud de la Suède).

C H A P I T R E I I : M E T A B O L I S M E D E S O R G A N O - C H L O R E S - R A P P E L S

Nous ne ferons dans ce paragraphe qu'un bref rappel, la bibliographie abondante ayant été condensée dans les travaux de KECK G., RAFFENOT J.

A. Absorption

Dans le cas des végétaux, l'absorption existe par les voies foliaire et radiculaire. Dans le cas des animaux, l'absorption peut se faire par contact (insecte), par inhalation ou ingestion. Les organismes aquatiques peuvent absorber les organo-chlorés par les branchies. Oiseaux et mammifères se contaminent principalement par voie digestive lors de l'alimentation.

B. Distribution dans l'organisme

Toutes les études montrent un tropisme pour les graisses. Les autres tissus ont des teneurs variables en organo-chlorés selon leur teneur en lipides. Ces teneurs en organo-chlorés sont généralement plus élevées dans le tissu nerveux (phospholipides) et le foie. Les animaux gras pourront stocker de grandes quantités d'organo-chlorés dans leur graisse sans être affectés, mais tout amaigrissement (froid, maladie, migration) pourra entraîner les signes d'une intoxication (VOS, SODERGREN, cités dans RAFFENOT J.): ce peut être le cas des jeunes faucons à tendance migratoire plus marquée que les adultes, qui doivent subir un jeûne hivernal assez prononcé.

C. Biotransformations

Elles sont remarquablement faibles. Certaines bactéries et certaines levures peuvent métaboliser les PCB en acides benzoïques chlorés. Chez les animaux, les principales voies de transformation sont l'hydroxylation, l'hydrolyse, l'oxydation, la réduction, la déshalogénéation.

Les processus sont très limités : le DDT est métabolisé en DDE très stable. Les PCB sont hydroxylés au niveau des microsomes hépatiques avec formation d'un intermédiaire arène-oxyde, qui est probablement le métabolite actif. Les résidus polaires de ces transformations sont éliminés. Les réactions affectant surtout les molécules les moins chlorées, les tissus s'enrichissent en molécules les plus chlorées.

D. Elimination

La voie d'élimination fécale représente en fait la partie non absorbée des organo-chlorés. L'élimination par les urines est faible. La voie biliaire a été mise en évidence pour les PCB chez le rat, le singe et les poissons. (PETERSON et coll. 1976, ALLEN et coll. 1974, MELANCON et coll. 1976, cités dans RAFFENOT J.)

L'élimination dans le lait existe chez les mammifères. Des expériences l'ont prouvé pour les PCB chez la vache. Par ailleurs, le DDT et d'autres organo-chlorés ont pu être retrouvés dans le lait de vaches ayant léché les murs des étables récemment désinfectés. Les œufs des oiseaux sont une voie d'élimination importante : (FIMREITE)
on a retrouvé 19 à 37 % du dieldrine ingéré dans les jaunes d'œufs de faisans soumis à un régime de 4 ppm. de ce toxique pendant 13 semaines (LAMB 1967, cité dans GUERRAULT). De même, 33 % d'une dose orale de PCB sont retrouvés dans les œufs après 10 jours chez la caille (JENSSEN cité dans le rapport de l'OMS, Genève 1976).

Il semble que la seconde ponte provoquée artificiellement chez les rapaces, soit moins contaminée que la première. De même, chez les Gallinacées, les premiers œufs pondus sont toujours plus contaminés que les suivants dans l'expérience de LAMB citée précédemment. Cette constatation a été appliquée dans le "projet pèlerin".

C H A P I T R E III : BIOCONCENTRATION ET TRANSFERT LE LONG DES CHAINES ALIMENTAIRES

Le devenir des pesticides organo-chlorés dans les milieux naturels dépend des facteurs physiques et biologiques de ce milieu.

A. Dans le milieu abiotique

Les particules contenant les pesticides sont entraînées dans l'atmosphère. Ces produits peuvent être condensés et retomber au sol ; ils peuvent être adsorbés sur des particules solides (fumées, etc...) et mis en suspension pour être transportés très loin ; enfin, ils peuvent être entraînés par les pluies et entrer alors dans l'hydrosphère.

Etant peu hydrosolubles, les pesticides vont alors être adsorbés sur les végétaux aquatiques (plancton etc..) ou dans les sédiments vaseux. Après avoir été distribués dans les milieux naturels, les pesticides sont repris par les organismes vivants grâce aux phénomènes de bioaccumulation et de concentration le long des chaînes alimentaires.

B. Dans le milieu biotique

Toute substance qui contamine le milieu naturel peut être concentrée par les êtres vivants grâce aux échanges permanents avec le milieu extérieur et aux divers processus métaboliques. Certains organismes concentrent aussi bien des polluants que des substances dangereuses du milieu et en subissent les effets à long terme.

Cette concentration a lieu selon un niveau variable suivant le maillon de la chaîne trophique que l'on considère.

Les végétaux absorbent les insecticides par transformation radiculaire. Cette accumulation dans la biomasse des producteurs primaires, à un taux bien supérieur à celui du sol, constitue le premier maillon de la contamination des chaînes trophiques.

Producteurs	Herbivore	Carnivore ₁	Carnivore ₂	Carnivore ₃
<u>Exemple 1</u>				
Phytoplancton 10^{-3}	→ Zooplancton $2 \cdot 10^{-2}$	→ Crustacés $3 \cdot 10^{-2}$	→ Poisson $2 \cdot 10^{-1}$	→ Cormoran 1,6
<u>Exemple 2</u>				
Maïs	→ Insectes larves	→ Insectes prédateurs	→ Corvidés	→ Faucon pèlerin

Il y a concentration verticale du poison le long de la chaîne trophique. Par exemple, une étude par dosage des pesticides au Canada, montre que les concentrations en pesticides dans le prédateur qu'est le faucon pèlerin sont beaucoup plus importantes que dans ses proies. (ENDERSON et BERGER 1968)

Tableau II : CONCENTRATION EN ORGANO-CHLORES DU PELERIN
ET DE SES PROIES AU CANADA

	DDT	DDE	DIELDRINE	TOTAL
<u>PROIE</u> (Hirondelle de rochers)	0,13	0,66	0,01	0,96
<u>FAUCON</u> <u>PELERIN</u> Graisse (Faucon Pèlerin) d'immature	0,9	14	0,2	15,8
Graisse (Faucon Pèlerin) d'adulte	37,3	284	3,3	368
Oufs viables	2,9	17,8	0,8	24
Oufs non viables	2,5	27,9	0,5	35

Le coefficient de concentration au niveau du dernier maillon de la chaîne trophique, (Hirondelle - Faucon pèlerin) est de l'ordre de 400. On retrouve le même phénomène avec des proies omnivores comme corvidés et étourneaux.

Ces concentrations en résidus totaux chez les prédateurs peuvent être suffisantes pour compromettre leur reproduction et même dans certains cas plus rares, faire périr les adultes.

On observe donc peu de transformations des produits qui sont le plus souvent stockés dans l'organisme. Au niveau des chaînes alimentaires, on peut remarquer qu'une faible contamination initiale peut conduire à des cas de mortalité ou de stérilité en bout de chaîne. De nombreux exemples l'ont prouvé, notamment dans la baie de Floride, où une population de pélicans bruns, très contaminés, s'est mise à pondre des œufs mous, conséquence de l'amincissement de leurs coquilles. (RISEBROUGH)

CHAPITRE IV : TOXICITE - MODE D'ACTION

Il est classique de distinguer deux formes de toxicité : l'une dite aiguë correspond à l'absorption massive d'une seule dose de poison, l'autre dite chronique ou à long terme correspond à l'absorption de doses faibles et répétées. Ces deux formes de toxicité peuvent être rencontrées, la seconde étant de beaucoup plus importante pour les organo-chlorés.

A. Toxicité aiguë des organo-chlorés

- Les PCB : leur toxicité aiguë est très faible (DL_{50} rat : quelques grammes par kg). Elle dépend du nombre et de la position des atomes de chlore et peut être augmentée par des impuretés.

- Les insecticides organo-chlorés : ils sont neurotoxiques, plus cependant que les organo-phosphorés. Le DDT utilisé aux USA pour lutter contre le scolyte de l'Orme américain (jusqu'à 40 kg/ha) a pu provoquer de fortes mortalités de Turdidés et de passereaux insectivores (WURSTER dans RAMADE). En Europe, de fortes intoxications aiguës furent relevées chez les Fringillidés et des Columbides (granivores) à la suite de la pratique de l'enrobage des semences (TURBLE et coll. 1963 dans RAMADE).

En dehors de ces cas spectaculaires, ce sont les expositions à long terme qui provoquent le plus grand nombre de cas dans la faune sauvage.

B. Toxicité à long terme

Devant l'importante bibliographie existant sur ce sujet, nous bornerons ici aux points essentiels. Nous verrons dans un premier temps, les différents niveaux d'action des organo-chlorés sur l'organisme, puis dans un deuxième temps, les effets qui en résultent sur la reproduction

des oiseaux, en ce qui concerne plus particulièrement les rapaces, notamment le faucon pèlerin.

a) Actions biologiques

1) Effets biochimiques

* Induction enzymatique

Les organo-chlorés ont pour effet d'induire les enzymes de la fraction micromosale du foie. Cette action porte notamment sur les N-déméthylases et les hydroxylases responsables de la bihydroxylation dans le cas des PCB, sur les hydrolases et les oxydases pour le DDT. Cette activité accélérée des enzymes s'accompagne d'un développement accru du réticulum endoplasmique lisse, d'une augmentation de la taille des hépatocytes d'où une hypertrophie du foie. Dès 1967, PEAKALL montrait sur des tourterelles traitées au DDT pendant 3 semaines que l'accélération de synthèse des hydrolases conduisait à une accélération des dégradations de l'œstradiol, la progestérone et la testostérone. GRANT et coll. (1974) ont constaté une intensification de l'activité enzymatique microsomique chez les rats soumis pendant 246 jours à l'Aroclor 1254 à la dose de 20 mg/kg d'aliment. Ils n'ont relevé aucun effet à 2 mg/kg (rapport OMS 1978).

* Inhibition de l'anhydrase carbonique

Directement mise en évidence pour le DDE, l'inhibition de cette enzyme responsable chez les oiseaux du dépôt de carbonate de calcium dans la coquille des œufs expliquerait l'amincissement de celle-ci ou sa baisse de densité.

* Autres effets biochimiques

+ Les PCB (Aroclor 1242) diminuent de moitié la teneur en vitamine A du foie chez le rat, la lapine et la caille. Il semble que la vitamine A jouerait un rôle dans la détoxification des PCB.

+ Les PCB modifient les taux de triglycérides et de phospholipides du foie des rats.

2) Effets sur la thyroïde

Ils semblent contradictoires selon les auteurs. JEFFERIES (1967, 1975) cité dans RAMADE, a mis en évidence un effet antithyroïdien du DDT chez des pigeons. Cela pourrait expliquer en partie la fragilisation de la coquille par baisse de la calcémie due à une chute de sécrétion de calcitonine par les parathyroïdes. SODERGREN et ULFSTRAND (1972) (cités dans RAFFENOT J.) suggèrent un effet hyperthyroïdien des PCB pouvant induire des troubles du comportement migratoire chez les oiseaux. Selon COLLINS et coll. (1977) (cités dans RAFFENOT J.), il y aurait diminution du taux sérique de ces hormones et augmentation des métabolismes périphériques.

3) Mutagénèse et tératogénèse

Ces effets semblent peu importants. DDT et aldrine ont des potentialités tératogènes. Rien n'est démontré pour les PCB qui pourraient avoir une action indirecte par stimulation des hydroxylases qui transformeraient les agents cancérigènes en leurs métabolites mutagènes (COMMENER 1976 cité dans RAFFENOT J.).

4) Effets immunosuppresseurs

Les PCB conduisent à l'atrophie du tissu lymphoïde chez le poulet, le faisan et le lapin (FLICK, VOS, DALGREN cités dans rapport OMS 1978). Des cobayes à régime supplémenté en CLOPHEN (50 ppm) s'immunisent moins bien contre le tétanos que les témoins (VOS et VAN DRIEL, GROOTENHUIS 1972 cités dans rapport OMS 1978). De même, le test tuberculinique est déprimé lors de contamination par les PCB (50 ppm CLOPHEN). VOS et ROIS (1972) ont émis l'hypothèse que cet effet immunosuppresseur des PCB était la cause de l'accroissement de sensibilité du caneton au virus de l'hépatite du canard (Rapport OMS 1978).

b) Conséquences sur la reproduction des oiseaux notamment
le Faucon Pèlerin

1) Action directe sur les reproducteurs

Sur le plan de la reproduction strictement, l'action sur la fertilité des oiseaux mâles semble limitée et n'a pu être démontrée que pour les Gallinacées (non développement des caractères sexuels secondaires).

La sensibilité des mâles est cependant plus élevée, les femelles pouvant éliminer les toxiques dans leurs œufs.

Mais les organo-chlorés ont indéniablement un effet neurologique conduisant à des troubles moteurs. La chasse rapide, ainsi que l'approche de l'aire, nécessitent d'une part un bon contrôle sensitif du vol grâce à la vue, d'autre part, une bonne coordination neuromusculaire.

Les troubles nerveux induits par la présence des organo-chlorés pourraient entraîner la destruction de la ponte lors de l'atterrissage. Les oiseaux stimulés par la vue des œufs brisés peuvent parfois les manger.

RATCLIFFE rapporte qu'en 1968, une femelle fut observée creusant une cuvette pour pondre là où elle avait déjà pondu, ce qui provoqua la chute de l'un des œufs qui se brisa sur une corniche sous-jacente.

L'action sur les femelles consiste à une chute de ponte, ou même à l'arrêt de celle-ci.

2) Action sur la ponte

Expérimentalement, la teneur de l'œuf en résidus est variable, toujours élevée peu de temps après l'administration, puis diminuant dans les œufs suivants. Par exemple, RUDD trouve 200 ppm d'organo-chlorés dans les premiers œufs de faisans soumis à un régime de 50 ppm (cité dans GUERRAULT).

Dans la nature, l'action la plus remarquable est la forte diminution de l'épaisseur des coquilles. RATCLIFFE dès 1970 a défini un indice d'épaisseur :

$$I = \frac{\text{Poids de la coquille (mg)}}{\text{longueur (mm)} \times \text{largeur (mm)}}$$

La courbe établie par RATCLIFFE, représentant l'indice d'épaisseur en fonction du temps, montre une baisse brutale vers les années 1945-1946, ce qui correspond aux dates d'utilisation massive du DDT, et ceci pour deux espèces de rapaces, le faucon pèlerin et l'épervier d'Europe (cf figure 5). Ce phénomène peut être expliqué par l'augmentation des dégradations des hormones stéroïdes et par l'inhibition de l'anhydrase carbonique. Les dérivés du DDT et les PCB ont ici un effet synergique, le lindane semblant sans effet (SAUTER cité dans GUERRAULT). De plus, la ponte pourrait avoir lieu trop précocément.

a) Epervier

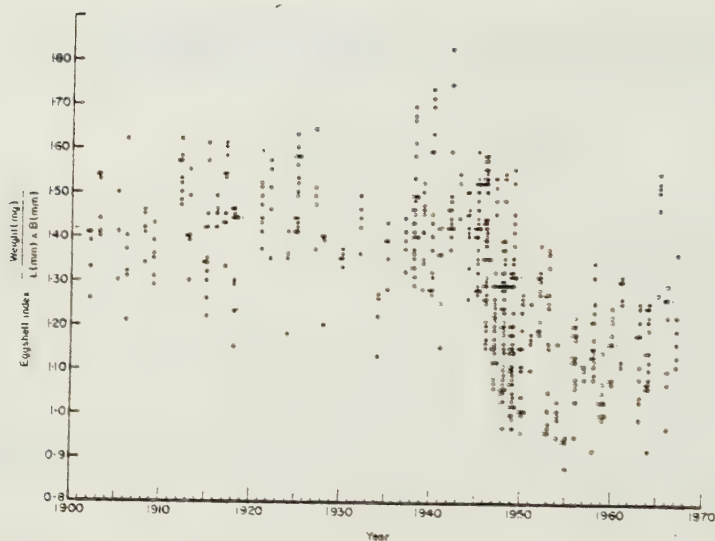
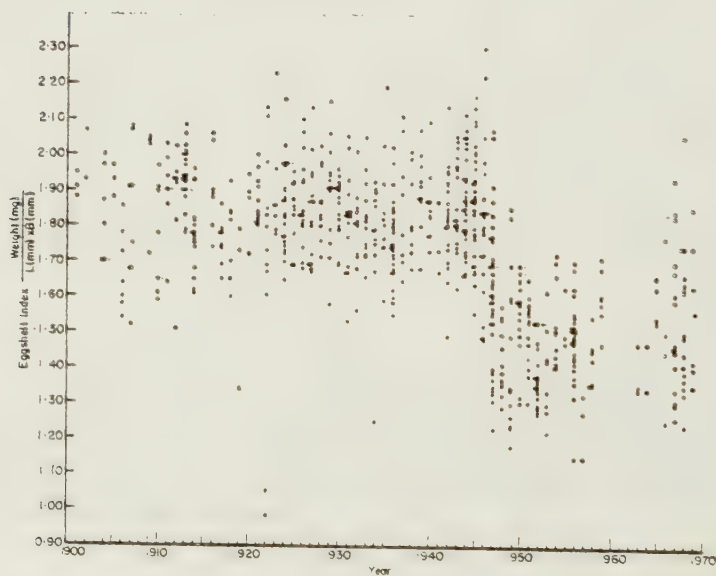


Figure 5 Evolution dans le temps de l'indice d'épaisseur des coquilles
chez le faucon pèlerin et l'épervier en Grande Bretagne
(selon RATCLIFFE)

b) Faucon pèlerin



3) Action sur les embryons

- La fertilité des œufs semble peu modifiée chez les Gallinacées. Le nombre d'œufs clairs augmente chez le faucon pèlerin.

- La mortalité embryonnaire est importante avec tous les organo-chlorés. PEAKALL (1972) constate des mortalités embryonnaires 6 mois après l'administration d'Aroclor 1254 (10 ppm pendant 3 mois) à des pigeons ramiers. Selon NEWTON et BOGAN (1974) cités par FYFE (1976) la mortalité embryonnaire représenterait 11 % des causes d'échec de la reproduction de l'épervier d'Ecosse.

4) Action sur les jeunes

Hormis la mortalité néo-natale, le nombre de jeunes à l'envol est un bon reflet de la contamination des pontes. Par productivité, on entend en ornithologie, le nombre de jeunes à l'envol car c'est ce qui est visible. Une fois adultes, ces oiseaux pourront pondre des œufs à coquille encore plus mince que celle des œufs dont ils proviennent : ceci a été mis en évidence par PORTE chez l'épervier (cité dans GUERRAULT).

En résumé, on peut insister sur la remarquable stabilité chimique des composés organo-chlorés que l'on retrouve très concentrés au sommet des chaînes alimentaires. Il est indéniable que les différentes familles ont parfois un effet synergique (cas du DDT et des PCB). D'autre part, les différentes actions biologiques se combinent et s'ajoutent pour aboutir aux effets désastreux que nous connaissons sur la faune avec le déclin de nombreux rapaces (faucons pèlerins, orfraie, aigle pêcheur) et de certains mammifères (phoques de la baie de Botnie en Suède et en Finlande, otaries de Californie). Chez les oiseaux, l'effet le plus spectaculaire est bien l'amincissement des coquilles des œufs observé chez des Goélants, des Mouettes (Laridés), des Ardeidae, Gaviidae, Pelecanidae, Gruidae, Accipitridae, Falconidae, Pandionidae, Phalacrocoracidae, Scolopacidae, Strifidae et Corvidae. L'interdiction, encore récente, de certains composés organo-chlorés laisse espérer une certaine amélioration; néanmoins la mise au point

de nouvelles molécules et leur utilisation devront se faire avec prudence.

Dans une troisième partie, nous verrons quels sont les principes et les résultats du "Projet Pèlerin" français. L'étude de la contamination des œufs non viables et des embryons montre l'incidence des organo-chlorés sur les populations de Faucon Pèlerin des Monts du Jura.

TROISIEME PARTIE

ETUDE DES POPULATIONS DE FAUCONS PELERINS DANS LES MONTS DU JURA

LE "PROJET" PELERIN

En 1965, suite aux études de RATCLIFFE et BOGAN en Angleterre, de HICKEY aux U.S.A., on entrevoit déjà l'explication de la situation démographique alarmante du faucon pèlerin dans le monde entier. Le révélateur de la grande rémanence des organo-chlorés fut la chute vertigineuse des populations de pèlerins britanniques, est-américaines et françaises (Pays de Cau).

Dans le Jura, la situation semblait à l'époque différente puisqu'on n'assistait pas comme en Angleterre à une baisse de fécondité progressive, mais à un arrêt pur et simple des envois alors que sur certains sites, les adultes nourrissaient durant les mois précédant l'envol. La cause principale de ce phénomène était le "désairage" par l'homme en vue du trafic des jeunes oiseaux.

Dès 1966, la Direction Départementale de l'Agriculture du Département du Jura prit un arrêté pour la protection des rapaces.

Parallèlement, les années suivantes, des groupes de naturalistes se sont organisés pour assurer la surveillance des sites. Ces groupes aidés de bonnes volontés locales permirent de dissuader des fauconniers trafiquants et rendirent aux pèlerins leur fécondité normale.

Le travail effectué permit une bonne connaissance des sites des monts du Jura (ainsi que du Nord des Alpes), tandis que des campagnes d'information ne tardaient pas à porter leurs fruits, stoppant la régression dès 1969.

Dans la crainte d'une nouvelle régression de l'espèce, suite à une rechute inexplicable des effectifs en 1972, alors que la protection totale de tous les rapaces était décrétée sur le plan national, un projet de sauvegarde fut mis en place par la constitution d'une souche autochtone captive. (Figure 6)

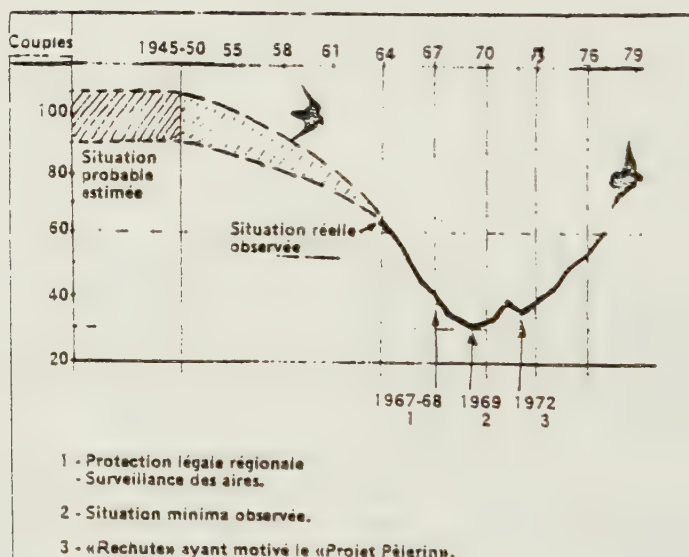


Figure 6
Evolution du nombre de couples de faucons pèlerins
dans les monts du Jura

CHAPITRE I : LE MILIEU

I - COMPOSANTES ABIOTIQUES

1. - Données géologiques

Origine : les Monts du Jura sont une suite de plis orientés SW - NE, et sont séparés par des vals (ou vaux). A l'origine, les strates (à travers lesquelles le socle cristallin n'apparaît pas) se sont déposées dans les mers jurassiques à peu près horizontalement.

Lors du soulèvement alpin, les sédiments de couverture du Nord et de l'Ouest ont été plissés par la pression alpine tangentielle. Il en a résulté la succession de monts et de vaux au relief de plus en plus accusé lorsqu'on s'approche des Alpes.

Erosion : au niveau de l'apex du pli, appelé plutôt la charnière anticlinale, les tensions dans la roche conduisent à des fissures qui entraînent la formation de combes. Les calcaires durs restant en relief forment les Crêts. Lorsque les plis sont attaqués transversalement, il se forme alors des cluses, qui permettent de passer d'un val à l'autre dans une gorge encadrée de falaises calcaires. De même, l'érosion des rivières aboutit à des gorges, soit lors du plissement jurassien, soit lors de baisse du niveau de base. (Gorges de l'Ain, de la Valserine, de la Loue).

Paysages : il est dit de type structural et lithologique, car formé dans une roche sédimentaire plissée et faillée.

2. - Données climatologiques

Très difficile à cerner sur l'ensemble de la région considérée, le climat est tempéré dans le Revermont, mais est parmi les plus rudes qui soient en France dans le Haut-Jura, avec faible

ensoleillement, températures basses, et précipitations abondantes. Dans le Bugey central, le climat est moins rude, mais reste à caractère continental. Le Valromey semble bénéficier d'une influence méditerranéenne comme le Bas-Bugey, ce dont témoigne la présence de chêne pubescent.

II - COMPOSANTES BIOTIQUES

Les monts du Jura sont un milieu très diversifié sur le plan végétation. Au fond des vaux marneux, se trouve la strate herbacée avec parfois des bosquets lui donnant une allure de bocage.

Dans les pentes se trouvent les taillis de chênes et chataigniers. Dans le Haut-Bugey, et sur les Crêts, on rencontre l'épicéa puis la hêtraie-pessière. Enfin, dans certains secteurs de haute altitude, ne subsiste qu'une lande ou une pelouse pseudo-alpine.

Une telle variété végétale justifie la présence d'une grande diversité d'espèces animales. Un certain nombre de ces espèces vivent plus spécialement dans les falaises calcaires et on peut donc les rencontrer là où vit le pèlerin (observation personnelle).

Fréquemment le Grand Corbeau (*Corvus corax*) niche sur le même site que le pèlerin, les deux oiseaux n'y faisant d'ailleurs pas bon ménage. Sur les mêmes falaises peuvent nicher l'hirondelle de fenêtre (*Delichon urbica*), l'hirondelle de rochers (*Hirundo rupestris*), et même le martinet alpin (*Apus melba*). Dans cet univers minéral, fait de vires, de dalles verticales et de fissures, vit aussi le tichodrome échelette (*Tichodroma muraria*). On y trouve aussi les choucas (*Corvus monedula*), le faucon crécerelle (*Falco tinnunculus*) et parfois le pigeon colombin (*Columba oenas*).

Certaines falaises abritent plusieurs de ces espèces en association avec le pèlerin, mais elles ne sont jamais la proie de ce dernier qui chasse très loin du site.

Au bilan : deux exigences écologiques doivent être satisfaites simultanément pour que le faucon pèlerin puisse se reproduire :

- d'une part, la présence de falaises avec vires et surplombs permettant l'établissement de l'aire, conditions pleinement remplies dans les Monts du Jura et dans l'Arc Préalpin (cf figure 7).

- d'autre part, un terrain ouvert permettant la chasse de haut vol, condition également remplie par la présence de vaux, dans lesquels abondent colombidés et corvidés.



FIGURE 7

COMPARAISON DES ZONES à CALCAIRE PREDOMINANT ET DES ZONES OU NICHE LE PELERIN dans la région RHONE ALPES.



Echelle

0 50km

CHAPITRE II

DYNAMIQUE DES POPULATIONS : EXEMPLE D'UNE POPULATION DES MONTS JURA

A - Définition des paramètres démographiques

On recherche sur le terrain :

- | | | |
|---|---|--------|
| - le nombre de sites visités | S | V |
| - le nombre de sites occupés par un couple adulte | C | a |
| - le nombre de couples ayant des jeunes | C | a + |
| (plus nombre de jeunes si connu) | C | a ++ J |

On en déduit :

$$\text{le taux de reproduction : } \frac{C a +}{C a}$$

$$\text{le taux de fécondité : } \frac{J}{C a +}$$

$$\text{le taux de natalité : } \frac{J}{C a}$$

$$\text{le taux de multiplication : } \frac{C a^{t+1}}{C a^t}$$

t = année t

$$t + 1 = \text{année } t + 1 \quad \frac{C a^{t+1}}{S V^{t+1}}$$

$$\text{le taux de mutiplication corrigé} = \frac{C a^t}{S V^t}$$

Ce dernier est égal à 1 si la population est stable.

La connaissance de la structure (simplifiée) de la population est intéressante.

On recherche :

- les mâles adultes solitaires : Ma S
- les femelles adultes solitaires : Fa S
- les mâles immatures solitaires : Mi S
- les femelles immatures solitaires : Fi S
- les couples adultes auxquels sont venues s'ajouter des femelles immatures (une femelle immature par couple) : Ca⁺f

B - Courbes et interprétation

- Le nombre de sites visités a augmenté chaque année pour se stabiliser à quatre vingt quatre. ceci par une meilleure connaissance du milieu d'une part, et par l'augmentation du nombre d'observateurs d'autre part. (cf figure 8a)

- Le nombre de couples présents a diminué jusqu'en 1972, année qui coïncide d'ailleurs avec l'application de la loi sur la protection des rapaces (cf figure 8b)

- Les taux de natalité et de reproduction semblent indiquer une population saine. Ils sont en légère augmentation. Le taux de reproduction faible des années 1968, 1969 et 1970 est dû à la stérilité totale de quelques couples localisés. (cf plus loin).

- Le nombre d'adultes solitaires est en diminution, depuis 1972, ceux-ci étant remplacés par des couples productifs (cf figure 11).

- le nombre d'immatures solitaires ou associés à un couple adulte (jeunes femelles) est en augmentation, ce qui est en corrélation avec l'augmentation des sites occupés (cf figure 11 et figure 8c) .

En résumé : l'étude de la population des faucons pèlerins des Monts Jura montre une chute des effectifs jusqu'en 1970. A partir de 1972, les rapaces sont protégés en France, cependant un accident apparaît dans la remontée des effectifs d'où l'exécution du projet Pèlerin.

Depuis ce projet associé à une stricte surveillance des sites lors de la nidification, la population s'accroît.

Les causes de régression du pèlerin dans les Monts Jura peuvent être discutées à la lumière de ce qui s'est passé dans le monde entier depuis l'essor agricole et industriel qui a suivi la seconde guerre mondiale.

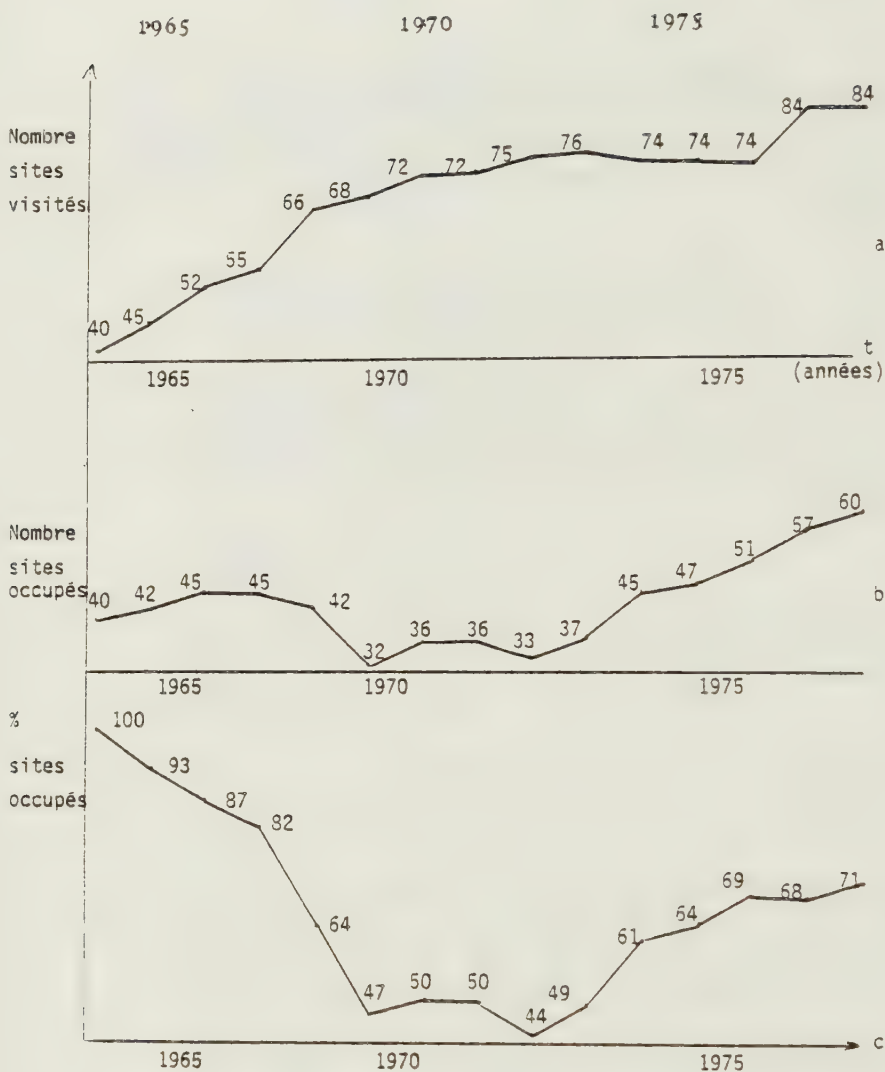


Figure 8 OCCUPATION DES SITES DES MONTS JURA

Fig. a' Nombre de sites visités

Fig. b Nombre de sites occupés par un couple

Fig. c Taux d'occupation des sites

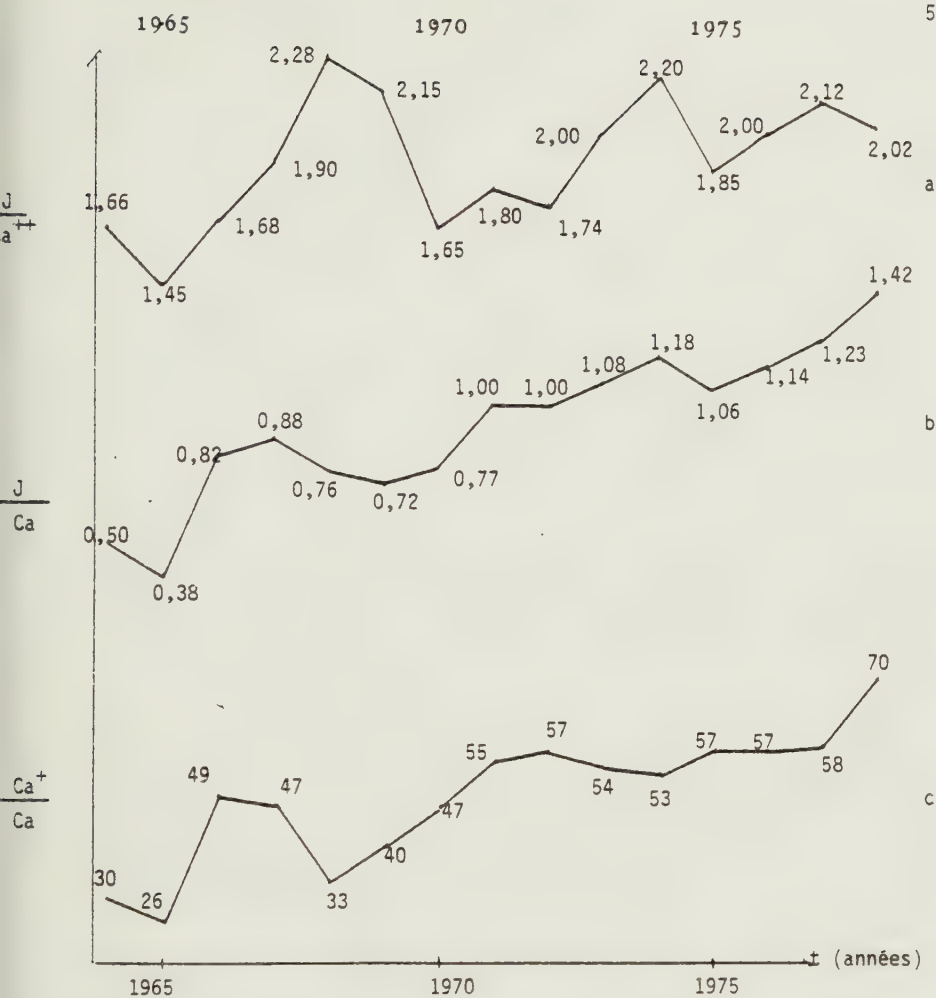


Figure 9 INDICES DE REPRODUCTION

Fig. a Taux de fécondité : nombre de jeunes par couple ayant eu des jeunes
 Fig. b Taux de natalité : nombre de jeunes par couple cantonné
 Fig. c Taux de reproduction

1965

1970

1975

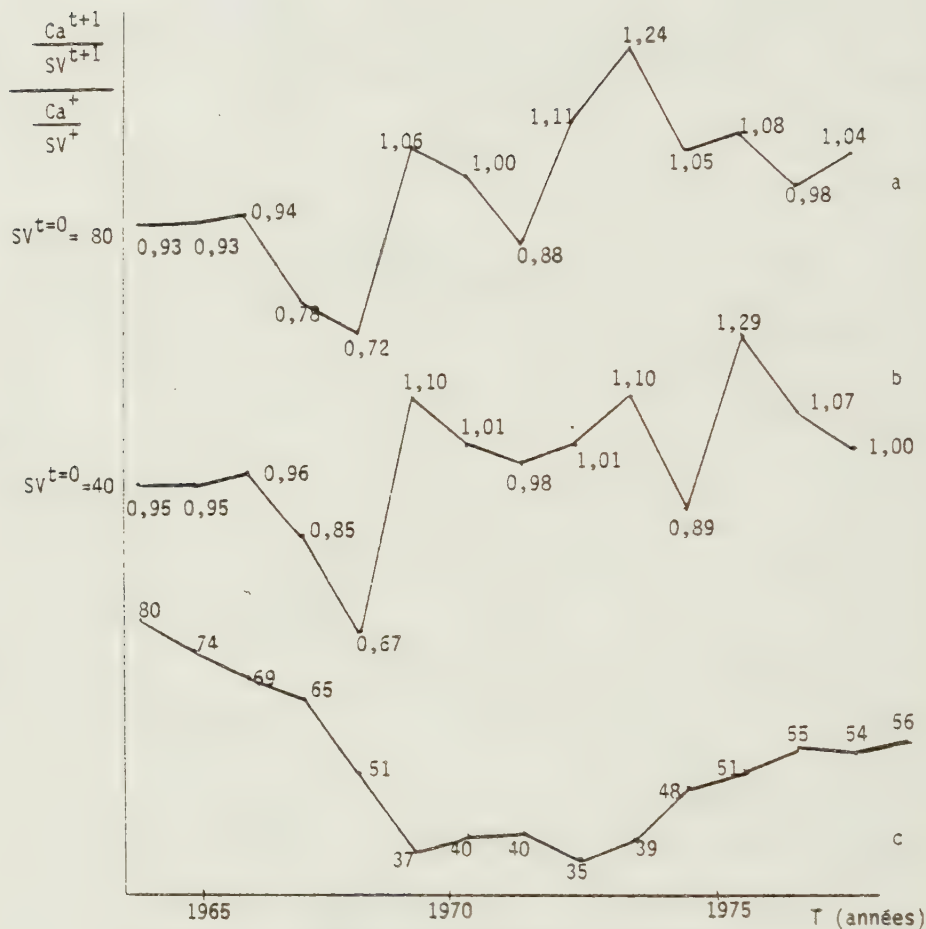


Figure 10 TAUX DE MULTIPLICATION CORRIGE

Fig. a Taux pour 80 sites

Fig. b Taux pour 40 sites

Fig. c Nombre de couples pour 30 sites

Nombre
d'individus
de chaque
classe

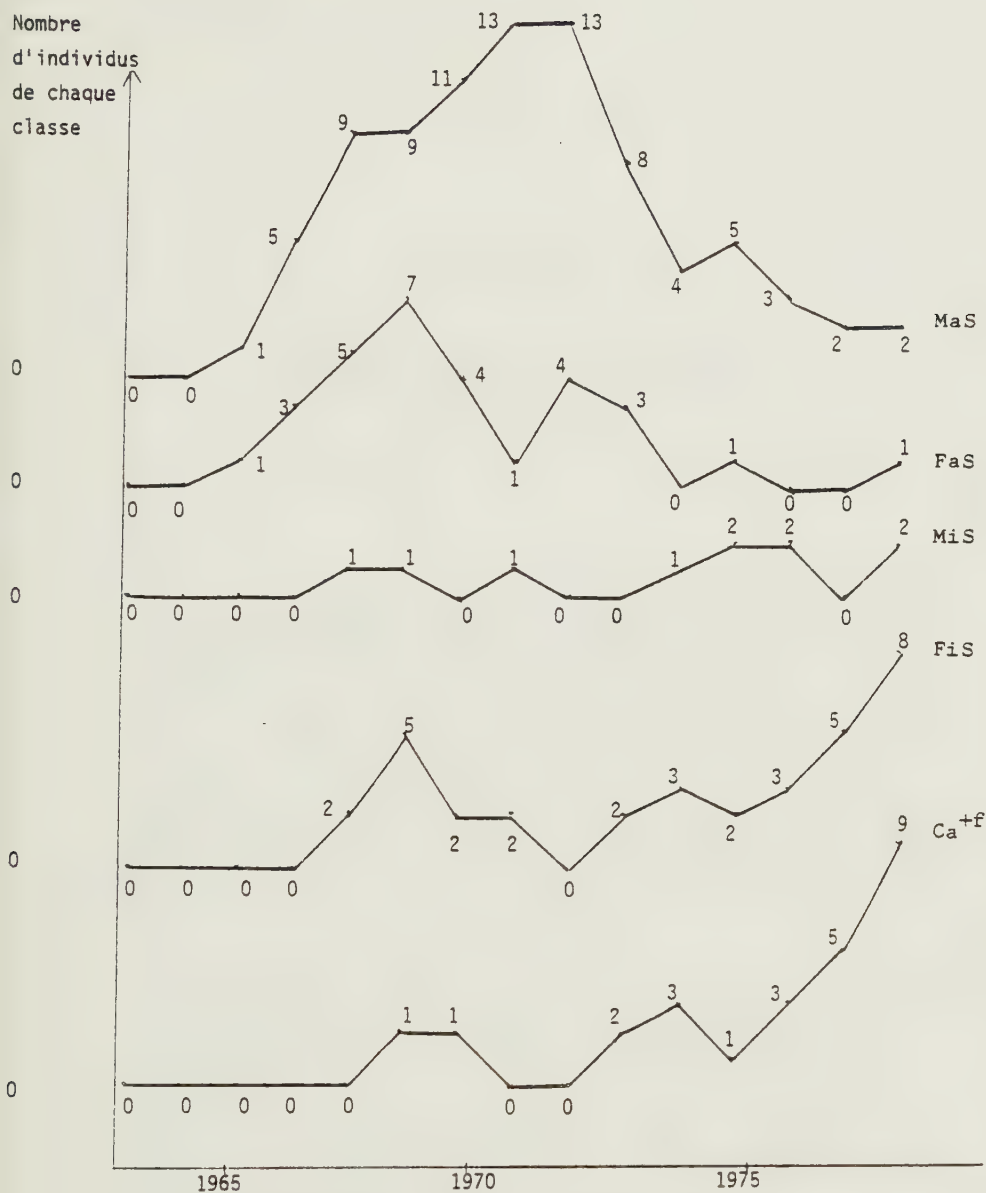


Figure 11 STRUCTURE DE LA POPULATION

MaS = mâles adultes solitaires

FaS = femelles adultes solitaires

MiS = mâles immatures solitaires

FiS = femelles immatures solitaires

Ca⁺f = couples adultes auxquels sont venues
s'ajouter des femelles immatures

CHAPITRE III

METHODE DE REPEUPLEMENT

Devant le risque d'une éventuelle rechute des effectifs, il fut décidé par le Fonds Régional d'intervention pour les rapaces (Franche-Comté) de constituer une souche captive de l'oiseau qui serait une réserve de géniteurs.

Les expériences de captivité sur le faucon pèlerin réalisées dans le cadre de la fauconnerie ont montré que l'on pouvait obtenir deux pontes successives si l'on prélevait la première. Si cette double ponte est réalisable dans la nature, on conçoit alors qu'il est possible d'augmenter rapidement la productivité donc les effectifs de la population sauvage, sans pour autant lui nuire.

Les objectifs furent les suivants :

- constitution d'une souche captive qui permettrait de sauvegarder l'espèce d'une part, d'alimenter la fauconnerie en vue de la suppression des prélèvements sur les populations sauvages.

- réintroduire dans la nature des individus nés en captivité (1ère ponte) par adoption par des parents sauvages s'étant par ailleurs reproduits naturellement (2ème ponte).

- mesure de la contamination chimique sur œufs et poussins morts.

Les différentes phases de ces opérations sont reproduites dans l'organigramme ci-joint (figure 12). A noter que ce schéma compliqué n'a pas été appliqué à la lettre, le prélèvement de la 2ème ponte n'étant pas effectué en pratique.

I - EXPERIENCES PRELIMINAIRES

En 1973, les premiers prélèvements effectués ont pour but de vérifier la possibilité d'une seconde ponte. Pour ne pas risquer de nuire à la population sauvage en cas d'échec de l'expérience, ne sont prélevées que des pontes de couples stériles depuis au moins 4 ans.

3 œufs ont été prélevés sur un site du Jura et 2 œufs sur un site de Haute-Savoie. Pour que l'opération réussisse, il faut connaître la date de la ponte, de façon à prélever 8 jours après cette ponte. Dans les deux sites, une ponte de remplacement est observée une quinzaine de jours après le prélèvement. Deux jeunes faucons s'envoleront du site de Haute-Savoie.

Cette expérience a donc prouvé que des couples, stériles au départ, étaient capables de recycler, c'est-à-dire de fournir une ponte de remplacement, et que cette deuxième ponte est plus viable que la première.

En 1974, l'expérience est reconduite une nouvelle fois sur 3 sites. Cette année encore, la ponte de remplacement est obtenue dans tous les sites, et un total de 4 jeunes de seconde ponte s'envole des 3 sites. Donc, la preuve est faite qu'en obtenant par incubation artificielle des jeunes de première ponte, puis des jeunes de seconde ponte par voie naturelle, on pourra ainsi sans nuire aux oiseaux sauvages, créer une souche captive puis réintroduire des jeunes sur les sites où les couples sont peu productifs.

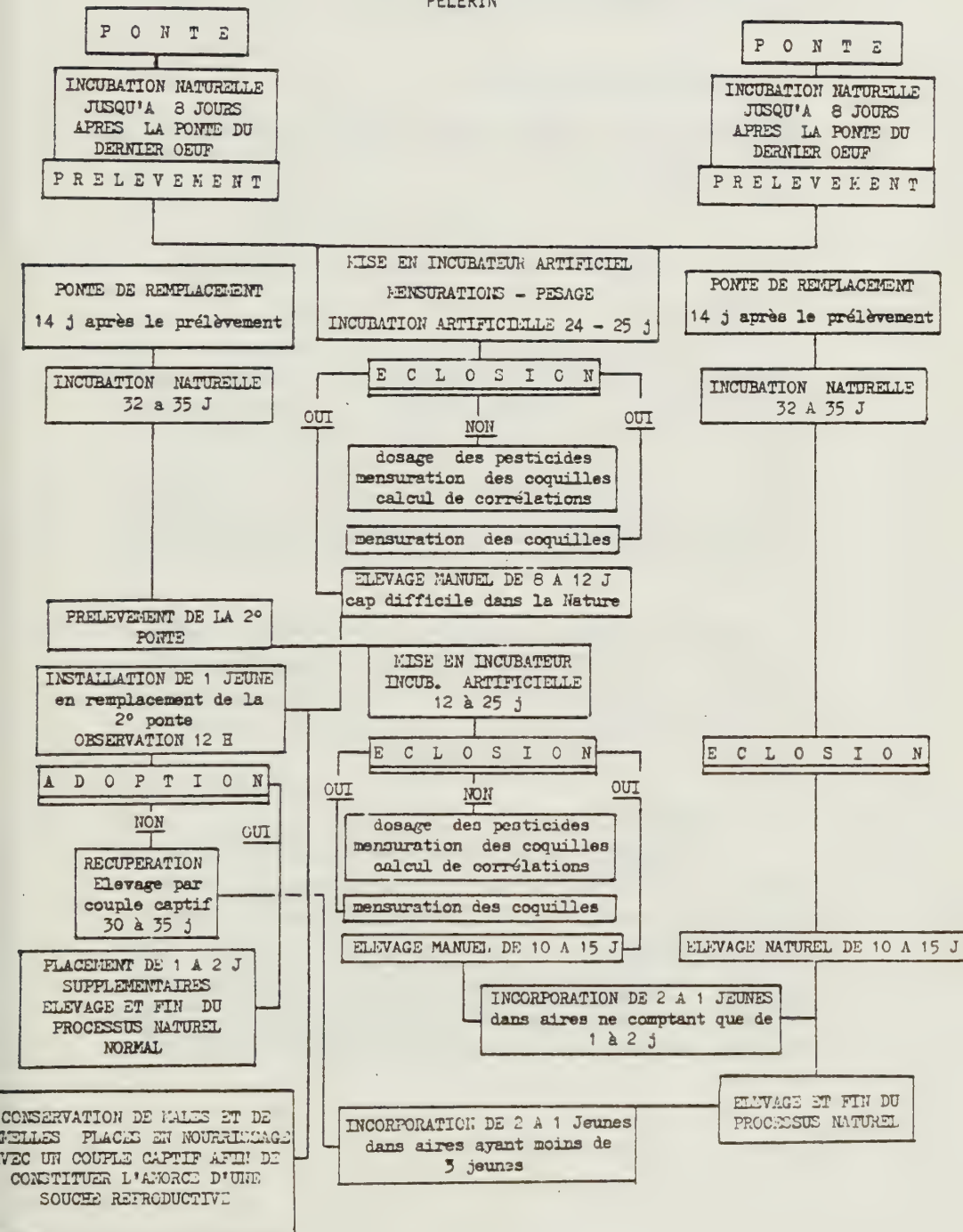
Remarque : par souci de déontologie envers nos amis ornithologues, les localités des sites étudiés sont donnés par un nom de code (ex : A₁, A₂ etc...)

COUPLES INFERTILES
(pas de jeunes à l'envol)

Figure 12

COUPLES FAIBLEMENT
PRODUCTIFS
moins de 2 jeunes

DIFFERENTES PHASES DU PROJET PELERIN



II - PROJET PELERIN PROPREMENT DIT

1. - Conditions nécessaires

a) Choix du site : le site doit être formé d'un complexe de falaises assez important car fréquemment la femelle dépose les œufs de sa seconde ponte assez loin de l'aire de première ponte, parfois à 1 km. Si la falaise est de faible importance, le dérangement causé par les opérations de prélèvement pourrait empêcher la seconde ponte.

b) Collecte des œufs : elle doit avoir lieu :

- 8 jours au maximum après la date de la ponte de façon à ce que la femelle recycle. Le comportement de reproduction (parades, offrandes, grattage de l'aire) s'atténue très vite pour reprendre jusqu'à la seconde ponte qui a lieu 15 jours après le prélèvement environ.

- sur des couples assez précoces pour que les jeunes nés de la seconde ponte soient placés dans de bonnes conditions de survie au moment de leur envol.

c) Acceptation du projet : Le Ministère de l'Environnement donne son accord par un arrêté de décembre 1974 avec une aide financière pour une durée minimum de 6 ans. Le projet a d'abord été accepté par les comités directeurs du fonds d'intervention pour les rapaces et de la ligue pour la protection des oiseaux.

2. - Matériel

- Volières : trois volières sont construites en 1975 et deux en 1978 à Arlay dans le Jura ; elles recevront les oiseaux destinés à la reproduction en captivité ou à l'adoption de jeunes avant leur lâcher.

- Incubateurs : deux incubateurs à air pulsé Roll X, (MONNERET, Communication personnelle), modèle utilisé par T.J. CADE aux U.S.A. sont acquis par le Fonds Régional d'Intervention pour les

rapaces (F.R.I.R.). Ils permettent le retournement automatique des œufs, l'hygrométrie adéquate est obtenue par adjonction ou retrait de gels de silice.

- Congélateur : il permet la conservation des œufs clairs ou des poussins morts ainsi que les aliments destinés aux couples captifs (pigeons, coux de poulets, poussins d'un jour).

3. - Déroulement du projet

a) Prélèvements et éclosions : première ponte

Année 1975 :

- Prélèvement : 15 œufs pondus par 2 couples stériles (A2 Doubs et B1 Jura) et 2 couples féconds (A3 Doubs et B2 Jura)

- Eclosions : 9 poussins dont 7 viables. 2 jeunes mâles sont réintroduits dans deux sites du Jura (A3 et A4) 5 oiseaux (3 tiercelets et 2 femelles) sont conservés dans les volières. Les œufs non éclos et les poussins morts seront analysés pour connaître le taux de contamination chimique (voir plus loin).

Année 1976 :

- Prélèvement : 14 œufs provenant de 3 couples stériles et de 2 couples peu productifs.

- Eclosion : 1 seul jeune viable relâché sur un site du Département du Doubs.

- Analyses : voir plus loin récapitulatif.

Année 1977 :

- Prélèvement : 4 pontes totalisant 13 œufs sont prélevées, soit 13 œufs en A2 (Doubs) 4 en B1, 3 en B3 (Jura). A noter que le couple A2, suivi depuis 1975, est stérile depuis 8 ans et produit des œufs anormaux de couleur et de forme. A l'inverse, le couple B2

est très productif, donnant 3 jeunes à l'envol depuis 1973.

- Éclosions : les résultats sont décevants à cause de mortalité en coquille d'embryon presque à terme ou d'éclosion de poussins trop faibles et débiles pour survivre. On obtient deux jeunes du site B2 (le plus productif dans les conditions naturelles) un jeune tiercelet est réintroduit dans le Jura, la femelle est conservée en volière pour la reproduction en captivité.

Année 1978 :

- Prélèvement : 14 œufs dont 4 proviennent de A4 (Doubs), 3 de A5 (Doubs), 4 de B2 (Jura) et 3 de B5 (Jura).

- Éclosions : - la ponte A5 donne une jeune femelle gardée en volière.

- La ponte B2 donne 4 jeunes remis dans la nature pour être échangés contre 2 femelles et 1 mâle afin de diversifier les caractères génétiques.

- La ponte A4 donne une femelle conservée en volière

- La ponte B5 prélevée trop tôt ne produit rien.

b) Incubation artificielle

L'incubation est menée en incubateur à air pulsé Roll X, à la température de 36-37° avec une humidité relative de 40 à 50 %. Les œufs sont retournés 3 à 5 fois par jour et mirés tous les 4 à 5 jours. Le développement de l'embryon s'accompagne d'une perte de poids de 16 % au maximum du début de l'incubation à l'éclosion.

Les incubateurs ne contenant pas la même quantité de gels de silice, sont réglés différemment pour ce qui est de l'hygrométrie de façon à pouvoir passer les œufs de l'un à l'autre en fonction de leur perte de masse mesurée tous les 2 jours.

Tableau III : Récapitulatif des différentes opérations

	1ère ponte prélèvement nombre d'œufs	Eclosion nombre de jeunes viables	2ème ponte	Envol
1975 A2 A3 B1 B2 B3 B4 A4 A5 B5	} 15	7	x x x x	? ? ? ?
1976 A2 A3 B1 B2 B3 B4 A4 A5 B5	2 4 4 3 2	0 0 1 1 1	2 - 3 x 4 x x	0 0 2 1 2
1977 A2 A3 B1 B2 B3 B4 A4 A5 B5	3 4 3 3	1 0 2 0	3 x x 0	0 0 3 0
1978 A2 A3 B1 B2 B3 B4 A4 A5 B5	4 4 3 3	4 1 1 0	x x 0 x	2 1 0 3

1975 : A2-B1 : couples stériles

A3-B2 : couples féconds

1977 : un oiseau (femelle) est gardé en volière, l'autre est relâché dans le Jura

1978 : les 3 œufs du site B5 ont été prélevés le 12 mars 1978 alors

qu'ils ne paraissent pas fécondés. Les embryons cessent leur développement après 3 semaines d'incubation naturelle.

10 % de réussite obtenus pour le site B2 (année 1978), normalement fécond dans la nature par ailleurs, prouvent qu'un début d'incubation naturelle d'une huitaine de jours est nécessaire.

d) Résultats globaux

De 1973 à 1978, le "projet pèlerin" a permis :

- d'obtenir 10 oiseaux mis en volière pour étudier les possibilités de reproduction en captivité (7 femelles et 3 mâles).
- d'obtenir des jeunes en nombre accru dans le milieu naturel :
 - . les couples peu productifs eurent plus de jeunes en seconde ponte.
 - . 9 oiseaux issus de premières pontes prélevées ont été relâchés dans la nature (après adoption par des oiseaux n'ayant qu'un ou deux jeunes).

Au total, on peut compter 46 jeunes obtenus en tout, grâce au projet alors que l'on en aurait probablement obtenu 20 à 25 sans aucune action. (chiffres additionnés pour les couples qui furent l'objet de prélèvement uniquement).

- d'organiser la surveillance des sites réduisant du même coup les désairages très fréquents auparavant, et amenant une bonne connaissance des dates de ponte, du comportement de l'oiseau ainsi que du milieu dans lequel il évolue.

D'autre part, l'étude démographique de la population des Monts Jura, nous a montré une élévation du taux de multiplication corrigé à partir de 1972, une augmentation du nombre de couples d'oiseaux et parmi ceux-ci, une augmentation du nombre de ceux qui ont des jeunes. De plus, le nombre de jeunes par couples productifs ou même cantonnés, est en augmentation constante depuis 1965.

Donc, il y a une corrélation négative entre le nombre d'oiseaux présents et le taux de natalité, ce qui s'explique par la présence de quelques couples stériles pendant plusieurs années. L'augmentation des effectifs après 1972 est liée en grande partie à l'exécution du projet mais aussi partiellement à la loi de protection des rapaces.

CHAPITRE IV .

ETUDE

DE LA CONTAMINATION CHIMIQUE

Introduction - Rappels

Nous avons vu que les êtres vivants sont susceptibles de concentrer des substances toxiques telles que les organo-chlorés. Ces substances s'accumulent principalement, chez les oiseaux, dans la graisse, le foie, le système nerveux et les œufs .

C'est grâce à leur grande rémanence que ces produits se retrouvent tout au long des chaînes trophiques.

On peut expliquer leur taux élevé chez les prédateurs, par la perte de masse qui a lieu à chaque niveau de consommation dans la chaîne alimentaire. Ainsi, très schématiquement, on peut dire que pour "faire" 1 kilogramme de faucon pèlerin, il faut 10 Kg de choucas (ou autres) pour lesquels il faut encore 100 kg de consommateurs primaires qui auront consommé une tonne de matière végétale.

Par conséquent, si du blé contient 0,01 ppm de substance toxique tel que le DDT, on en retrouvera 10 ppm chez le faucon, en conservant le même facteur 10 choisi arbitrairement comme exemple.

A. MATERIELS ET METHODES

1. Prélèvements utilisés : il s'agit des œufs prélevés dans les sites concernés par le projet pèlerin et qui n'ont pas éclos en incubateur artificiel. Ils sont récupérés et placés au congélateur jusqu'à l'analyse. Dans certains cas, poussins morts et embryons ont été utilisés.

2. Substances recherchées : il s'agit des organo-chlorés précédemment étudiés, les plus importants étant le DDE et les PCB.

3. Protocole : les analyses ont été pratiquées au Laboratoire Central d'Hygiène Alimentaire à PARIS, dans les Services du Docteur RICHOU-BAC.

a) Extraction

Le contenu des œufs est mélangé à de l'hexane saturée en acétonitrile. Après addition de sulfate de sodium et plusieurs centrifugations, la phase surnageante hexanique contient la matière grasse alors que les résidus sont dans la phase d'acétonitrile.

Après séparation, cette dernière est alors additionnée d'eau salée puis d'hexane. Dans cette seconde phase hexanique se trouvent les résidus.

b) Purification

Les résidus en solution dans l'hexane sont purifiés sur colonne de florisil (élution par un mélange d'éther, de pétrole et de dichlorométhane).

c) Concentration

On évapore la solution recueillie, après passage sur la colonne de florisil, avec un évaporateur rotatif, jusqu'à ce qu'il ne reste plus qu'1 ml de solution. On reprend ensuite cette solution dans 20 cm³ d'hexane avant de l'injecter dans le chromatographe.

d) Identification et dosage

On utilise plusieurs colonnes de chromatographie en phase gazeuse (détecteur à capteurs d'électrons avec source au nickel).

Les différents temps de rétention des résidus sur les différentes colonnes sont connus. La séparation est faite en 3 fois, la première fraction éluant HCB et PCB, la seconde le DDE puis les autres sont élués par le mélange acétonitrile-hexane-dichlorométhane.

Pour doser les substances recherchées, on injecte dans les colonnes des solutions de concentration connue.

La hauteur du pic du chromatogramme est proportionnelle à la quantité injectée lorsque sa largeur est suffisamment fine. On compare donc les hauteurs des pics du standard (concentration connue) et de l'échantillon (à doser).

En pratique, on ramène les pics à même hauteur par le jeu des dilutions et on obtient la dose recherchée en ppm avec la formule suivante :

$$x \text{ ppm} = \frac{\text{He} \times \text{Cst} \times \text{Vst} \times 20 \times f}{\text{Hst} \times \text{VE} \times \text{PMG}}$$

He : Hauteur du pic correspondant à l'échantillon

Hst : Hauteur du pic correspondant au standard

Xst : Concentration du standard en $\mu\text{g/ml}$

Ve : Volume de l'échantillon en μl

Vst : Volume du standard en μl

f : Facteur de dilution

PMG : Poids de matières grasses de l'échantillon pour les œufs analysés, le résultat est exprimé par rapport au poids total de l'œuf sans la coquille.

B. RESULTATS

Les résultats des analyses sont présentés dans les tableaux ci-après (tableaux 4, 5, 6, 7 et 8). Les pontes ayant fait l'objet des analyses étant celles qui ont été prélevées, chaque couple n'a pas pu être suivi durant les cinq années. Les résultats sont exprimés en ppm (mg/kg) par rapport au poids total de l'œuf sans la coquille (poids frais). Dans le cas d'embryons ou de poussins morts, les doses sont exprimées en ppm par rapport au poids total.

C. DISCUSSION

1. Signification toxicologique

Nous nous limiterons aux résultats concernant DDE, PCB et Mercure qui seuls présentent un intérêt pour l'avenir.

Il est difficile d'extrapoler les résultats obtenus sur des oiseaux captifs à des espèces sauvages, la sensibilité de certains groupes (les Gallinacées sont parmi les espèces les moins sensibles aux organochlorés) et le comportement alimentaire de chaque espèce étant différents. Néanmoins, on peut d'emblée remarquer qu'il existe de grands écarts entre les différents couples, et pour un même couple selon les années. Les taux maximum observés sont de 60,28 ppm (DDE) et 181,24 (PCB) pour un œuf du site B₄ (année 1976) dont le couple est par ailleurs peu fécond (1 jeune par an en moyenne pour les douze dernières années). LINCER en 1970 trouve des taux de 27,4 ppm de DDE sur des œufs de faucons pèlerins de l'Alaska, les pesticides étant concentrés dans les tissus embryonnaires de l'œuf.

CADE la même année trouve en moyenne 15 ppm. ENDERSON en 1966 trouve 17,8 et 27,9 ppm de DDE pour 7 œufs dont 2 non viables originaires du Canada du Nord.

Ces taux de pesticides peuvent correspondre à des taux dix fois supérieurs dans le tissu adipeux d'adultes avec fréquemment des troubles du comportement : BERGER en 1970 trouve 12,7 ppm de DDE sur des œufs de Pèlerins de l'UNGAVA. La même année, en Angleterre, RATCLIFFE obtient des résultats tout à fait équivalents à ceux précédemment indiqués sur des œufs à coquille amincie ou cassée par les parents.

Tableau 4

Sites	1 9 7 4		1 9 7 5			
	DDE	PCB	HCB	HCH (total)	DDE	PCB
A ₁	26,52	161,31	-	-	-	-
A ₂	-	-	1,93	0,073	21,78	0,935
	-	-	2,21	0,102	37,41	1,157
A ₃	-	-	0,139	0,101	2,55	0,121
			0,068	0,093	0,904	0,067
			0,324	0,274	9,62	0,105
B ₁	1,36	3,53	0,209	0,137	3,54	0,157
	8,29	0,77	0,167	0,188	2,64	1,041
	10,40	0,97	-	-	-	-
B ₂	-	-	0,058	0,038	1,49	0,096
C ₁	27,78	22,76	-	-	-	-
	3,38	9,38	-	-	-	-

DOSAGE DES PESTICIDES
DANS LES OEUFs DE FAUCON PELERIN

ANNEES 1974 et 1975
(oiseaux sauvages)

Résultats exprimés en ppm par rapport au poids total de l'oeuf
sans la coquille

Les tirets (-) indiquent l'absence d'analyses car le site concerné
ne fut pas l'objet de prélèvements l'année considérée.

Tableau 5

Sites	1 9 7 6				1 9 7 7		
	HCB	HCH	DDE	PCB	HCB	DDE	PCB
A ₂	0,982	0,212	10,05	72,18	2,50	37,20	123,26
	4,42	0,674	37,75	176,11	2,90	0,630	120
A ₄	4,91	0,777	32,60	33,95	-	-	-
B ₁	0,028	0,120	14,18	21,16	2	55,60	73,20
	0,308	0,076	3,28	5,47	-	-	-
	0,820	0,946	30,38	45,09	-	-	-
	4,28	1,045	35,30	79,13	-	-	-
B ₂	-	-	-	-	0,70	9,70	21,60
B ₃	0,020	-	0,260	0,470	0,78	14	37,70
	0,010	-	0,080	0,290	-	-	-
	0,052	-	0,443	1,917	-	-	-
	0,530	0,310	7,70	20,70	-	-	-
B ₄	5,15	1,267	60,28	181,24	-	-	-
	1,374	0,038	6,02	61,50	-	-	-
	0,996	0,277	28,90	56,26	-	-	-

DOSAGE DES PESTICIDES

DANS LES OEUFs DE FAUCON PELERIN

ANNEES 1976 et 1977

(oiseaux sauvages)

Résultats exprimés en ppm par rapport au poids total de l'œuf
sans la coquille

Tableau 6

Pesticides	HCB	HCH	DDE	TDE	DDT	HE-D	PCB	
Pontes								
A ₄	1 oeufs	1,280	0,136	41,70	0,112	0,055	ND	90,31
	2	0,572	0,126	25,85	0,100	0,020	0,014	68,23
	Poussin	0,030	0,098	6,99	0,073	0,130	ND	19,37
B ₅	1	0,272	0,163	4,02	0,092	0,081	0,247	6,76
	2	0,024	0,010	6,081	0,050	0,016	ND	8,608
	3	0,308	0,088	3,13	0,014	0,017	0,024	2,90
A ₅	1	0,486	0,016	4,017	0,050	0,180	ND	17,61
	2	1,578	0,010	34,899	0,420	ND	0,010	65,50
B ₃	1	0,039	0,088	7,449	0,010	0,009	0,012	12,151
	2	0,035	0,135	0,790	0,018	0,020	0,020	3,68
Poussin	0,088	0,174	13,33	0,348	0,122	0,055	17,537	

DOSAGE DES PESTICIDES
DANS LES OEUFs DE FAUCON PELERIN
ANNEE 1978
(oiseaux sauvages)

Résultats exprimés en ppm par rapport au poids total de l'œuf
sans la coquille

HE-D : taux additionnés pour heptachlore et dieldrine

Tableau 7

Pesticides		HCB	HCH	DDE	TDE	DDT	HE-D	PCB
Pontes								
Pontes N° œuf								
couple 1	:	0,174	0,250	1,010	0,066	0,077	0,066	4,756
faucon 2	:	0,373	0,091	0,831	0,061	0,088	0,091	5,531
Ponte 3	:	0,193	0,045	0,583	0,091	0,015	0,016	4,96
pèlerin 4	:	0,048	0,068	0,490	0,047	ND	ND	4,896
captif 5	:	0,035	0,135	0,790	0,018	0,022	0,020	3,68
	:							
1	:	0,024	0,163	0,430	0,028	0,033	0,058	2,25
Ponte 2	:	ND	0,163	0,816	0,022	0,029	0,020	3,531
2 3	:	0,011	0,071	1,74	1,176	0,145	0,160	7,24
Ponte 1	:	0,052	0,218	0,228	0,059	0,017	0,078	5,771
œufs 2	:	0,103	0,041	0,298	0,060	0,013	ND	7,090
faucon 3	:	0,028	0,022	0,118	0,008	0,007	0,069	3,794
lanier 4	:	0,007	0,006	0,040	0,024	0,023	0,024	1,007
	:							
Poussin	:	0,050	0,087	0,589	0,044	0,010	0,084	1,240

DOSAGE DES PESTICIDES

DANS LES OEUFS DE FAUCON PELERIN

ANNEE 1978

(oiseaux captifs)

Résultats exprimés en ppm par rapport au poids total de l'œuf
sans la coquille

Tableau 8

Mercure : Année 1974 :			Année 1978 :		Année 1978	
Sites		Sites	Oiseaux sauvages		Sites	Oiseaux captifs
A ₁	-		Oeuf		N° Oeuf	
			1 0,253		1	0,007
		A ₄	2 0,156		2	0,007
A ₂	-		poussin 0,100		3	0,009
					4	0,007
			1 0,188		5	0,005
A ₃	-	B ₅	2 0,199		1	-
			3 0,278		2	0,009
B ₁	0,32				3	-
	0,29		1 -			
	0,24	A ₅	2 0,194		1	0,007
					2	0,010
B ₂	-	B ₃	1 0,375		3	0,014
			2 -		4	0,031
C ₁	-					
	-		poussin 0,310			poussin 0,030

DOSAGE DU MERCURE

DANS LES OEUFS DE FAUCON PELERIN

Année 1974

Année 1978 oiseaux sauvages

Année 1978 oiseaux captifs

Devant la concordance de ces divers résultats, on peut penser que les taux de contamination des œufs reflètent le niveau de contamination des parents. En effet, nous avons vu que l'œuf est la voie la plus importante d'élimination des pesticides chez les oiseaux, des taux élevés de pesticides dans les œufs sont le reflet des hauts taux dans le sang circulant des femelles au moment de l'ovulation.

Malgré des taux parfois supérieurs à ceux mesurés par RATCLIFFE nous n'avons pas toujours pu constater des anomalies dans la reproduction, hormis le couple du site A₂ stérile de longue date et qui produit des œufs anormaux de forme et de couleur. Les taux trouvés sur des œufs d'oiseaux captifs en 1978 sont parmi les plus bas, de l'ordre de 1 ppm pour le DDE et 5 ppm pour les PCB. On ne peut malheureusement pas faire la relation avec les paramètres de la reproduction, celle-ci n'ayant pas pu être obtenue entièrement en 1978 dans les conditions de la captivité.

2. Evolution selon les années

Sur cinq années successives, il est difficile d'appréhender une évolution de la contamination car les couples d'oiseaux concernés ne sont pas toujours les mêmes.

Pour certains couples, comme A₂ par exemple, il apparaît nettement que les taux de DDE se maintiennent entre 1975, 1976 et 1977 alors que les taux en PCB augmentent brutalement en 1976. Il en est de même de B₂.

Cette année 76 est un relatif échec au Projet : en effet sur 15 œufs prélevés, un seul jeune éclos parvient à l'envol, d'où le nombre important des analyses. La contamination surtout par les PCB est en augmentation par rapport aux années précédentes. Ce résultat est en contradiction avec celui de RAFFENOT*J. étudiant la faune de la rivière Furans dans l'AIN. A cette époque, l'auteur trouve une baisse de la contamination par les PCB dans les prélèvements de végétaux aquatiques et de poissons. Plusieurs facteurs peuvent expliquer cette différence :

- d'une part, la source de contamination dans le Doubs et le Jura est directement liée au dépôt sur le sol de pesticides agricoles. L'été 1975 et l'année 1976 ayant été très secs, la contamination

des pèlerins se fit par leurs proies granivores elles-mêmes très contaminées car la surface des sols fut peu lessivée. De plus, la date limite de vente du DDT fut l'année 75, d'où l'écoulement possible de stocks encore importants.

- D'autre part, dans l'écosystème aquatique du Furans, la source de contamination des eaux de rivière aurait pour origine la contamination atmosphérique amenée par les vents et déposée par les précipitations : l'année 76 ayant été particulièrement sèche, le Furans fut donc moins pollué.

Cet exemple illustre parfaitement la difficulté d'extrapoler un résultat donné, deux écosystèmes différents entraînant ici des résultats contradictoires.

3. Cas du mercure

Ce métal lourd a été dosé dans les œufs en 1974 et 1978.

- Dosage - Rappels : l'échantillon est minéralisé par l'acide nitrique à froid puis à chaud. Le mercure total est analysé par spectrophotométrie d'absorption atomique sans flamme après réduction du minéralisé par le chlorure d'étain.

- Résultats : les taux de 0,1 à 0,3 ppm sont voisins de ceux trouvés au Canada par FIMREITE et Coll. (1970). Cette contamination a pour origine principale le mercure utilisé dans les traitements des semences de céréales. Les rapaces sont atteints par le biais des oiseaux granivores qui comptent, nous l'avons vu, de nombreuses proies potentielles. FYFE en 1969 montre que le déclin du faucon de prairie, dans l'Ouest canadien, coïncide avec des taux élevés de Mercure. La stérilité du Pygargue à queue blanche en Finlande et en Suède est due au Mercure d'origine industrielle (HENRICKSSON, BORG, 1969 cités dans FIMREITE 1970).

Il semble qu'il existe une synergie d'action entre organochlorés et Mercure (FYFE, non publié cité dans FIMREITE 1970), cette synergie étant grave pour les rapaces ornithophages comme le pèlerin soumis au double risque par les oiseaux granivores.

D. RELATION ENTRE LES TAUX DE CONTAMINATION ET LE DÉCLIN DES POPULATIONS

Il est difficile d'établir des moyennes de contamination compte tenu d'écarts très importants entre les couples. Néanmoins, il semble qu'en 78 la contamination par le DDT (ou DDE) soit en légère baisse ; ceci est moins évident pour les PCB malgré la diminution des rejets d'origine industrielle. Les taux de natalité sont en rapport avec les taux de contamination. Ainsi les couples du site A₂ et B₁ qui sont stériles en première ponte sont aussi parmi les plus contaminés. Inversement, le couple du site B₂ très productif est un des moins contaminés. Donc la contamination des pèlerins du Jura peut être considérée comme importante puisque pour certains couples, elle s'accompagne bien de stigmates cliniques (stérilité et même œufs anormaux).

La réalisation du "Projet Pèlerin" a permis d'obtenir des jeunes à partir de ces couples très contaminés. La contamination par les Organo-chlorés a donc joué nécessairement un rôle dans la décroissance des effectifs de faucons pèlerins des Monts du Jura. Mais ce n'en fut pas la seule cause puisque les surveillances systématiques et la loi sur la protection des rapaces ont permis de rendre leur fécondité normale à certains couples peu contaminés entraînant de ce fait une augmentation de tous les paramètres démographiques précédemment étudiés.

Dès 1969, la régression ralentit et le projet pèlerin, dès 1972, est accompagné d'une remontée des effectifs.

La contamination chimique n'est donc pas le facteur essentiel du déclin observé puisque le nombre de couples observés et le taux des pesticides augmentent ensemble au fil des ans.

Nous avons évoqué le désaïrage et le tir qui étaient très importants avant les lois de protection et les surveillances systématiques, mais peuvent y être associés d'autres facteurs non maîtrisés tels que variations du climat ou démographie du type cyclique. De plus, la biomasse des proies ne peut jouer qu'en faveur du prédateur, nous l'avons vu, car les étourneaux, ramiers ou autres migrateurs envahissants,

semblent en expansion depuis quelques années. Il est possible aussi que les proies très abondantes aux époques de migration aient pour origine des contrées peu contaminées. A ce sujet, une étude systématique serait intéressante, certaines voies de migration étant parfaitement connues.

Il est aujourd'hui nécessaire de suivre avec attention les couples nicheurs de notre pays afin de prévenir les conséquences graves qu'aurait une augmentation brutale des taux des organo-chlorés dans leurs pontes.

CONCLUSIONS

Nous envisageons dans ce travail l'étude d'une population de Faucons Pèlerins puis la relation entre le déclin de l'espèce dans les Monts du Jura et la contamination chimique par les organo-chlorés.

- Dans une première partie, une présentation du rapace et de sa biologie met l'accent sur deux points essentiels :

- nutrition de type prédateur qui place le Faucon Pèlerin au sommet d'un réseau alimentaire.

- reproduction où la période d'incubation des œufs et la phase de nourrissage des jeunes tiennent une place importante, exigeant de la part des parents un comportement non altéré et de la part des jeunes une grande vigueur pour survivre.

- La seconde partie est consacrée à des données concernant les organo-chlorés les plus répandus, leur métabolisme et leur mode d'action notamment sur la reproduction du faucon pèlerin. Il en ressort que c'est par le biais de leur grande stabilité chimique, donc de leur grande rémanence dans le milieu comme dans les organismes vivants, que ces composés ont une toxicité élevée à long terme.

- Dans la troisième et dernière partie, nous présentons le "Projet Pèlerin", étude menée dans les monts du Jura de 1974 à 1978. Cette étude, justifiée par la chute des effectifs de faucons (taux d'occupation des sites en baisse constante jusqu'en 1969, avec rechute en 1972) permet d'obtenir des jeunes en surnombre entraînant une remontée des effectifs. Mais elle permet surtout d'obtenir des œufs clairs et d'étudier ainsi la contamination chimique des pontes par les organo-chlorés, pesticides (DDT, HCH-), PCB et par le mercure.

Bien que ces polluants ne semblent pas les seuls en cause, certains couples français sont très contaminés.

Actuellement, il semble que les effectifs poursuivent leur accroissement (trois jeunes par couple en 1979). Les groupes ornithologiques assurant la surveillance des sites seront vigilants dans l'avenir, la menace des PCB d'origine industrielle restant omniprésente bien que l'on entrevoit ça et là le renouveau de certaines espèces de papillons ou de passereaux.

Vu :

LE DIRECTEUR

de l'École Nationale Vétérinaire de Lyon,

Le Directeur

Professeur Ph. COTTEREAU

LE PROFESSEUR RESPONSABLE

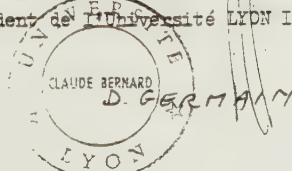
de l'École Nationale Vétérinaire,

LE PRÉSIDENT DE LA THÈSE

Vu et permis d'imprimer

LYON, le 27 NOV 1980

Le Président de l'Université LYON I,



B I B L I O G R A P H I E

Pour des références plus complètes concernant les travaux sur PCB notamment, se reporter aux travaux de KECK (G.), GUERRAULT (P.), RAFFENOT (J.) et de l'O.M.S. (rapport 1978)

A.C.T.A.

Index phytosanitaire 1979, 1 vol.

ANDERSON (D.W.), WEAVER (S.D.) and RISEBROUGH (R.W.)

Shell thinning in eggs of Ungava Peregrines

The Canadian Field Naturalist. 1970, 84, 3 : 265-267

ARMOUR (J.A.) et BURKE (J.A.)

Method separating PCB from DDT and its analogs

Journal of the AOAC, 1970, 53, 4 : 761-768.

BOURNE (W.R.P.) and BOGAN (J.A.)

Polychlorinated biphenyls in North Atlantic seabirds

Mar. Pollut. Bull. 1972, 3, 11 : 171-175.

BROWN (L.)

Les oiseaux de proie. La vie et les mœurs des rapaces diurnes.

1977, 1 vol. Elsevier Sequoia, Bruxelles.

CENTRE ORNITHOLOGIQUE RHONE-ALPES

Les oiseaux nicheurs rhônalpins. 1977, 1 vol. Centre Orni-

thologique Rhône-Alpes (Université Lyon I) et Direction de

la protection de la nature (Sous-Secrétariat à l'Environne-

ment, Ministère de la Qualité de la Vie).

DORST (J.)

La vie des oiseaux : tomes 1 et 2.

La Grande Encyclopédie de la Nature : volumes 12 et 13, 1971,

Rencontre - Lausanne.

B I B L I O G R A P H I E

Pour des références plus complètes concernant les travaux sur PCB notamment, se reporter aux travaux de KECK (G.), GUERRAULT (P.), RAFFENOT (J.) et de l'O.M.S. (rapport 1978)

A.C.T.A.

Index phytosanitaire 1979, 1 vol.

ANDERSON (D.W.), WEAVER (S.D.) and RISEBROUGH (R.W.)

Shell thinning in eggs of Ungava Peregrines

The Canadian Field Naturalist. 1970, 84, 3 : 265-267

ARMOUR (J.A.) et BURKE (J.A.)

Method separating PCB from DDT and its analogs

Journal of the AOAC, 1970, 53, 4 : 761-768.

BOURNE (W.R.P.) and BOGAN (J.A.)

Polychlorinated biphenyls in North Atlantic seabirds

Mar. Pollut. Bull. 1972, 3, 11 : 171-175.

BROWN (L.)

Les oiseaux de proie. La vie et les mœurs des rapaces diurnes.

1977, 1 vol. Elsevier Sequoia, Bruxelles.

CENTRE ORNITHOLOGIQUE RHONE-ALPES

Les oiseaux nicheurs rhônalpins. 1977, 1 vol. Centre Orni-

thologique Rhône-Alpes (Université Lyon I) et Direction de

la protection de la nature (Sous-Secrétariat à l'Environnement, Ministère de la Qualité de la Vie).

DORST (J.)

La vie des oiseaux : tomes 1 et 2.

La Grande Encyclopédie de la Nature : volumes 12 et 13, 1971,

Rencontre - Lausanne.

ENDERSON (J.H.) et BERGER (D.D.)

Chlorinated hydrocarbon residues in peregrines and their prey species from Northern Canada.

The condor, 1968, 70, 149-153.

FEDERATION NATIONALE DES GROUPEMENTS DE PROTECTION DES CULTURES

Ce qu'il faut savoir des pesticides agricoles.

La défense des végétaux, 1969, 134 (supplément)

FIMREITE (N.), FYFE (R.W.) and KEITH (J.A.)

Mercury contamination of Canadian seed eaters and their avian predators

The Canadian Field Naturalist, 1970, 84, 3 : 269-276.

FYFE (R.W.), RISEBROUGH (R.W.) et WALKER (W.)

Pollutants effects on the reproduction of the prairie falcons and merlins of the Canadian Prairies.

The Canadian Field Naturalist, 1976, 90, 3 : 346-355.

GEROUDET (P.)

Les rapaces diurnes et nocturnes d'Europe.

1965, 1 vol., Delachaux et Niestlé, Neuchâtel.

GUERRAULT (P.)

Contribution à l'étude des effets des organochlorés chez les oiseaux

Th. Doct. Vét. LYON, 1975.

JUILLARD (M.), PRAZ (J.C.), ETOURNAUD (A.) et BEAUD (P.)

Contamination des rapaces et leurs oeufs dans le Jura suisse.

Nos oiseaux, 1978, 34, 189-206.

KECK (G.)

Etude écologique et toxicologique d'un micropolluant-type : les biphényles polychlorés (PCB)

Revue Med. Vét., 1977, 128, 1 : 25-49.

LINCER (J.L.), CADE (T.J.) and DEVINE (J.M.)

Organochlorine residues in Alaskan Peregrine Falcons
(*Falco peregrinus tunstall*), Rough-legged hawks (*buteo*
lagopus pontoppidan) and their prey.
The Canadian Field Naturalist, 1970, 84, 3 : 255-263.

MONNERET (A.J.) et GOWTHORPE (P.)

Le faucon pèlerin.
1978, 1 fascicule, Fonds régional d'intervention pour les
rapaces Jura-Nord des Alpes.

MONNERET (R.J.)

Techniques de chasse du faucon pèlerin (*falco peregrinus*)
dans une région de moyenne montagne.
Alauda, 1973, XLI, 4 : 403-412.

NELSON (R.W.)

Behavioral aspects of egg breakage in Peregrine falcons.
The Canadian Field Naturalist 1976, 90, 3 : 320-329.

PEAKALL (D.B.)

The peregrine falcon (*falco peregrinus*) and pesticides.
The Canadian Field Naturalist, 1976, 90, 3 : 301-307.

PESSON (P.) et coll.

Pesticides et gibiers. Maladies du gibier.
1978, 1 vol., Gauthier Villars.

RAFFENOT (J.)

Les biphényles polychlorés et leur comportement dans un
écosystème de rivière, le Furans (Ain).
Th. Doct. 3ème cycle, Ecologie, LYON 1979.

RAMADE (F.)

Effets écotoxicologiques des pesticides sur le gibier, dans
Pesticides et gibier, maladies du gibier, ouvrage dirigé par
Pesson (P.) 1978, 1 vol., 71-86.

RAMADE (F.)

Eléments d'écologie appliquée. Action de l'homme sur la biosphère.

1978, 1 vol., Mc GRAW HILL

RAPPORT ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTE. GENEVE 1978.

Critères d'hygiène et d'environnement 2. Polychlorobiphényles et Polychloroterphényles.

RATCLIFFE (D.A.)

Broken eggs in peregrine eyries.

British birds, 1958, Vol. LI, 23-26.

RATCLIFFE (D.A.)

Changes attributable to pesticides in egg breakage frequency and eggshell thickness in some British birds.

Journal of applied ecology, 1970, 7, 67-115.

RATCLIFFE (D.A.)

Studies of the recent breeding success of the peregrine (falco peregrinus)

Journal of reproduction and fertility, 1973, Supp. 19, 377-389.

RISEBROUGH (R.W.), FLORANT (G.L.) and BERGER (D.D.)

Organochlorine pollutants in Peregrine and Merlins migrating through Wisconsin.

The Canadian Field Naturalist, 1970, 84, 3 : 247-253.

SAUVEUR (B.)

Physiologie de la ponte et maturité sexuelle.

L'aviculteur, 1977, N° spécial ; production de l'œuf de consommation, 37-45.

SODERGREN (A.) and ULFSTRAND (S.)

DDT and PCB relocate when Cage Robins use fat reserves.

Ambio, 1972, 1, 1 : 36-40.

TABLE DES MATIERES

	Pages
INTRODUCTION	5
PREMIERE PARTIE : LE FAUCON PELERIN	6
CHAPITRE I : SYSTEMATIQUE	7
CHAPITRE II : MORPHOLOGIE	9
CHAPITRE III : BIOLOGIE	11
I. Nutrition - Régime	11
1. Mode de chasse	11
1.1. La technique de l'affût	11
1.2. La technique du vol d'amont	12
2. Les proies	12
2.1. Le spectre alimentaire	12
2.2. La sélection des proies	13
3. Ecologie de la prédation	15
II. Reproduction - Nidification	19
A. Chronologie des différentes phases	19
1. Territoire - Site - Aire	19
2. Parades - Ponte - Incubation - Eclosion -	19
Elevage - Envol	19
B. Physiologie de la reproduction	
1. Rappels anatomiques	22
2. Formation de la coquille	22
3. Régulation neuro-hormonale	23
CHAPITRE IV : DEMOGRAPHIE	25
I. Généralités sur les populations d'oiseaux	25
A. Définition d'une population	25
B. Appréciation d'une population	26

II. Le déclin mondial du pèlerin	26
DEUXIEME PARTIE : LES PESTICIDES ORGANO-CHLORES	29
CHAPITRE I : STRUCTURE - PROPRIETES	30
A. Organo-chlorés à usage agricole	30
B. Organo-chlorés à usage industriel :	
les biphényles polychlorés ou PCB	33
1. Structure	33
2. Propriétés physiques	33
3. Production industrielle et applications	
commerciales.	34
4. Source des PCB dans l'environnement	34
CHAPITRE II : METABOLISME DES ORGANO-CHLORES - RAPPELS	35
A. Absorption	35
B. Distribution dans l'organisme	35
C. Biotransformations.	35
D. Elimination	36
CHAPITRE III : BIOCONCENTRATION ET TRANSFERT LE LONG DES CHAINES	
ALIMENTAIRES	37
A. Dans le milieu abiotique	37
B. Dans le milieu biotique	37
CHAPITRE IV : TOXICITE - MODE D'ACTION	40
A. Toxicité aiguë des organo-chlorés	40
B. Toxicité à long terme	40
a/ Actions biologiques	41
1/ Effets biochimiques	41
* Induction enzymatique	41
* Induction de l'anhydrase carbonique	41
* Autres effets biochimiques	41
2/ Effets sur la thyroïde	42
3/ Mutagénèse et tératogénèse	42
4/ Effets immunosuppresseurs	42

b/ Conséquences sur la reproduction des oiseaux	
notamment le Faucon Pèlerin	43
1/ Action directe sur les reproducteurs	43
2/ Action sur la ponte	43
3/ Action sur les embryons	46
4/ Action sur les jeunes	46
TROISIEME PARTIE : ETUDE DES POPULATIONS DE FAUCON PELERIN DANS LES	
MONTs DU JURA LE "PROJET PELERIN"	48
CHAPITRE I : LE MILIEU	50
I. Composantes abiotiques	50
1. Données géologiques	50
2. Données climatologiques	50
II. Composantes biotiques	51
CHAPITRE II : DYNAMIQUE DES POPULATIONS = EXEMPLE D'UNE POPULATION	
DES MONTs DU JURA	54
A. Définition des paramètres démographiques	54
B. Courbes et interprétation	55
CHAPITRE III : METHODE DE REPEUPLEMENT	61
I. Expériences préliminaires	62
II. Le projet pèlerin proprement dit	64
1. Conditions nécessaires	64
a/ Choix du site	64
b/ Collecte des œufs	64
c/ Acceptation du projet	64
2. Matériel	64
3. Déroulement du projet	65
a/ Prélèvements et éclosions	65
b/ Incubation artificielle	66
c/ Ponte de remplacement	67
d/ Résultats globaux	69

CHAPITRE IV : ETUDE DE LA CONTAMINATION CHIMIQUE	71
Introduction - Rappels	71
A. Matériels et méthodes	72
1. Prélèvements utilisés	72
2. Substances recherchées	72
3. Protocole	72
a/ Extraction	72
b/ Purification	72
c/ Concentration	72
d/ Identification et dosage	73
B. Résultats	74
C. Discussion	74
1. Signification toxicologique	74
2. Evolution selon les années	80
3. Cas du mercure	81
D. Relation entre les taux de contamination et le déclin des populations	82
CONCLUSION	84
BIBLIOGRAPHIE	86
TABLE DES MATIERES	90

